

高等学校计算机基础及应用教材

网络在环境科学与工程中的应用

李旭祥编著

李旭祥编著 李旭祥编著 李旭祥编著 李旭祥编著 李旭祥编著

北京·机械工业出版社

内 容 简 介

本书是一本地理信息系统在环境科学与工程中应用的著作,全面阐述了地理信息系统的特征、类型、功能、数据采集和数据库设计,着重介绍地理信息系统在环境科学与工程中的应用技术和方法。

全书分九章,重点介绍地理信息系统的组成、功能及其发展与现状,实用地理信息系统的数据特征、数据来源及数据质量,地理信息系统数据库设计的主要内容和方法,国内外常见的 GIS 软件及其使用方法,GIS 在生态控制中的应用和开发,基于 GIS 的水污染控制、管理和监测系统,GIS 在大气污染控制中的应用,GIS 在其他环境控制中的应用,环境虚拟及模型建立对各种环境的主要影响因素。

本书是大学高年级本科生和研究生的学习用书,也可供从事环境科学和环境工程方面的科技工作者、信息资源开发等领域的技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

GIS 在环境科学与工程中的应用 李旭祥编著 北京:电子工业出版社,2004

(高等学校计算机基础及应用教材)

ISBN 7-302-10040-0

I ①李… II 李… III ①地理信息系统—应用—环境科学—高等学校—教材 IV ①X3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 000000 号

责任编辑:童占梅 韩同平

印 刷:

出版发行:电子工业出版社 地址:北京市西城德胜门内大街 2 号

北京市海淀区万寿路 18 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787mm×1092mm 1/32 印 张:11.5 字 数:300 千字

版 次:2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定 价:19.80 元

摇凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。

联系电话:(010)51893600

前摇摇言

地理信息系统(简称GIS)作为有关空间数据管理、空间信息分析及传播的计算机系统,广泛应用于土地利用、资源管理、环境监测、交通运输、城市规划、经济建设等领域。GIS基础软件和应用软件的发展,使得它的应用从解决基础设施的管理和规划(如道路、输电线)转向更复杂的区域开发,例如土地利用、城市规划、人口规划与部署等。许多工业化国家把土地信息系统作为有关部门的必备工具,投入日常运转。与卫星遥感技术相结合,GIS开始用于解决全球性问题,例如,全球沙漠化、全球可居住区的评价、厄尔尼诺现象与酸雨、核扩散与核废料以及全球气候与环境的变化监测。

我国对地理信息系统的研究起步稍晚,但发展势头相当迅猛。主要研究领域有:数据规范和标准、空间数据库建设、数据处理和分析算法及应用软件的开发等。如以农业为对象,研究有关质量评价和动态分析预报的模式及软件,并用于水库淹没损失、水资源估算、土地资源清查、环境质量评价与人口趋势分析等多项专题研究。我国在建立全国大地测量和数字地面模型的基础上,建成了全国1:25万地图数据库系统和全国土地信息系统、1:25万全国资源和环境信息系统及1:25万水土保持信息系统,并开展了黄土高原信息系统以及洪水灾情预报与分析系统等专题研究。用于辅助城市规划的各种小型信息系统在城市建设和规划部门也获得了认可。

本教程的编写正是处在这样一个特殊时期。编写本教程的目的是希望GIS系统能尽快地应用于环境科学和工程领域,为推动环境领域的快速发展贡献一份力量。在参阅了国内外有关教材、专著和论文的基础上,考虑到环境科学与工程领域的绝大多数学生和研究人员没有系统接受过地理信息系统课程和技术的基本训练,本教材的宗旨是普及GIS知识,探讨其在环境领域中的应用方法,着眼于知识创新的切入点,并由此确立编写本教材的思路。

本教程力求将地理空间基本理论、地理信息系统技术方法和地理信息系统的实际应用三者融为一体,使读者学习地理信息系统的基本概念和设计方法,掌握与地理信息系统的技术实现和方法应用有关的基本理论,了解GIS二次开发及其在环境科学与工程中的应用实例和发展方向,从而使读者能够真正领会和把握地理信息系统的科学性、技术性和实践性。

在本教程写作中,作者参加了西安交通大学环境虚拟实验室建设和国家级秦岭生态功能区建设等科研工作,并经过了多届课程教学实践,不断修改完善课程讲义,力求能满足读者的需求。本书是大学高年级本科生和研究生的学习用书,也可供环境科学和环境工程科技工作者参考。

参加本教程编写、录入、编排的人员有:黄海燕、王强林、张兴、吕飞,在此表示感谢。新疆大学刘志辉教授和兰州大学刘勇教授仔细审阅了全稿,并提出许多宝贵意见,在此特致衷心的感谢。

由于编者水平有限,教材中存在的不足之处,敬请读者不吝指正。

联系地址:乌鲁木齐市新疆维吾尔自治区地质研究所

目 录

第 1 章 概论	(1)
1.1 地理信息系统的定义	(1)
1.1.1 信息和地理信息	(1)
1.1.2 信息系统和地理信息系统	(2)
1.2 地理信息系统的基本内容	(4)
1.3 地理信息系统的特性	(4)
1.3.1 GIS 与计算机制图系统的区别与联系	(4)
1.3.2 GIS 与数据库管理系统的区别与联系	(5)
1.3.3 GIS 与 CAD 的区别与联系	(5)
1.3.4 GIS 与遥感图像处理系统的区别与联系	(6)
1.3.5 GIS 与事务处理系统的区别与联系	(6)
1.4 地理信息系统的类型	(6)
1.5 地理信息系统的结构与功能	(8)
1.5.1 地理信息系统的组成	(8)
1.5.2 地理信息系统的主要功能模块	(9)
1.6 地理信息系统的发展与前景	(10)
1.6.1 地理信息系统软件发展的历史回顾	(10)
1.6.2 第四代地理信息系统及其发展思路	(13)
思考题	(14)
第 2 章 实用地理信息系统的数据	(15)
2.1 空间数据的基本特征	(15)
2.2 数据的测量尺度	(17)
2.3 数据来源	(18)
2.4 地图投影	(19)
2.5 全球定位系统	(20)
2.6 遥感数据	(21)
2.7 地图	(24)
2.7.1 地图种类	(24)
2.7.2 地图符号	(25)
2.7.3 地图制作过程和地图综合	(26)
2.7.4 计算机制图	(27)
2.8 数据质量	(27)
2.8.1 数据质量的基本特点	(27)
2.8.2 数据误差的主要来源	(29)
2.8.3 数据的误差类型	(30)

2.9 空间数据类型转换	(30)
2.9.1 栅格与矢量数据的比较	(30)
2.9.2 栅格数据与矢量数据的转换	(31)
思考题	(32)
第 3 章 地理信息系统的数据库设计	(33)
3.1 地理信息系统数据库及其设计	(33)
3.1.1 GIS 数据库	(33)
3.1.2 GIS 数据库设计的概念	(34)
3.1.3 GIS 数据库设计过程	(34)
3.2 用户需求分析	(35)
3.2.1 现状调查	(35)
3.2.2 需要了解的内容	(35)
3.2.3 调查内容的组织和分析	(37)
3.3 概念化设计	(40)
3.3.1 数据库的宏观地理定义	(40)
3.3.2 数据库数据模型的确定	(42)
3.4 详细设计	(47)
3.4.1 数据源的选择	(47)
3.4.2 各种数据的评价	(47)
3.4.3 空间数据层的设计	(50)
3.4.4 数据字典	(50)
3.4.5 存储管理结构的设计	(51)
3.5 实施规划	(53)
3.5.1 数据采集过程的自动化设计	(53)
3.5.2 数据库的质量控制	(53)
3.5.3 开发进度的监测	(55)
3.6 试点项目	(56)
3.7 数据库设计实例	(57)
3.7.1 合肥市防震减灾地理信息数据库设计	(57)
3.7.2 基于 GIS , ES 的凉山州土壤数据库设计与实现	(60)
思考题	(62)
第 4 章 常用 GIS 软件介绍	(64)
4.1 概述	(64)
4.2 MapInfo 软件	(69)
4.2.1 MapInfo 系统的功能特点	(69)
4.2.2 MapInfo 产品系列	(70)
4.2.3 MapInfo 数据与文件结构	(70)
4.2.4 MapInfo 基本功能	(71)
4.2.5 MapInfo 应用实例	(79)
4.3 Arc/Info 软件	(86)

4.3.1	体系结构	(87)
4.3.2	Workstation Arc/Info 简介	(87)
4.3.3	Desktop Arc/Info 简介	(93)
4.3.4	PC Arc/Info	(94)
4.4	GeoStar软件	(99)
4.5	MAPGIS系列软件	(101)
4.5.1	MAPCAD 彩色地图编辑出版系统	(101)
4.5.2	MAPGIS 地理信息系统	(103)
4.5.3	MAPGIS 6.0 版新增功能	(104)
4.5.4	MAPGIS 的 WebGIS 解决方案——MAPWeb	(107)
4.5.5	环保地理信息系统	(108)
	思考题	(109)
第 5 章	GIS 在生态控制中的应用	(110)
5.1	数字地球与数字城市	(110)
5.2	国家级生态示范区地理信息系统	(115)
5.3	基于GIS平台的城市规划信息系统	(118)
5.3.1	城市小区规划应用系统的建立	(119)
5.3.2	基于 GIS 平台的山区城镇选址信息系统	(121)
5.4	生态环境监测信息系统	(122)
5.4.1	系统开发的基础	(123)
5.4.2	系统功能结构	(123)
5.5	水土流失动态监测网络系统	(126)
5.5.1	基于 Arc/Info 的土壤侵蚀遥感调查与数据采集	(127)
5.5.2	湖北省水土流失动态监测网络体系结构与管理信息系统	(128)
5.6	土壤资源持续利用与信息技术	(131)
	思考题	(135)
第 6 章	GIS 在水污染控制中的应用	(136)
6.1	水污染控制规划系统	(136)
6.1.1	概率规划模型	(136)
6.1.2	基于 GIS 的水污染控制规划	(136)
6.1.3	GIS 在海湾陆源污染物总量控制中的应用	(138)
6.1.4	GIS 支持下水质模型的应用	(141)
6.2	基于GIS城市下水管网信息管理系统	(142)
6.2.1	技术方案	(143)
6.2.2	设计原则	(144)
6.2.3	系统结构及模块功能	(145)
6.2.4	系统技术要求	(147)
6.2.5	MAPGIS 管线系统	(147)
6.3	环境监测信息系统	(150)
6.3.1	环境监测信息	(150)

6.3.2	系统分析	(150)
6.3.3	系统设计和实施	(154)
6.3.4	实时在线监测信息系统	(155)
6.3.5	无锡市污染源自动监控网络系统	(160)
6.3.6	环境监测信息系统的发展	(163)
思考题		(163)
第 7 章 GIS 在大气污染控制中的应用		(164)
7.1	城市大气污染控制管理系统	(164)
7.1.1	系统结构	(164)
7.1.2	大气污染扩散空间信息系统	(166)
7.2	面向对象的大气环境信息系统	(169)
7.2.1	系统的总体设计	(169)
7.2.2	系统集成	(172)
7.2.3	系统的面向对象性	(172)
7.2.4	系统的建模和计算	(173)
7.2.5	大气质量评价子系统	(174)
7.2.6	大气污染源识别子系统	(176)
7.2.7	大气污染模式预测子系统	(176)
7.2.8	数据库管理器子系统	(176)
思考题		(177)
第 8 章 GIS 在其他环境控制中的应用		(178)
8.1	基于GIS的城市交通噪声管理系统	(178)
8.1.1	噪声	(178)
8.1.2	交通噪声预测与规划	(179)
8.1.3	应用实例	(183)
8.2	GIS技术在环境污染事故应急管理中的应用	(184)
8.2.1	GIS/ES 技术	(185)
8.2.2	GIS/ES 技术应用于突发性环境污染事故应急管理的优越性	(185)
8.2.3	基于 GIS/ES 技术的突发性环境污染事故应急管理系统	(187)
8.2.4	环境污染事故指挥系统	(188)
8.2.5	重大污染事故区域预警系统	(189)
思考题		(191)
第 9 章 环境虚拟与模型的建立		(192)
9.1	沙尘环境	(192)
9.1.1	沙尘环境概述	(192)
9.1.2	沙尘环境效应	(194)
9.2	风环境	(195)
9.2.1	风环境概述	(195)
9.2.2	风环境效应	(196)
9.3	霉菌环境	(196)

9.3.1 霉菌环境概述 (196)

9.3.2 霉菌环境效应 (196)

9.4 空间环境 (197)

9.4.1 空间环境模拟技术的内容 (197)

9.4.2 主要空间环境 (198)

9.5 水质模型 (198)

9.5.1 水质模型分类 (199)

9.5.2 水质数学模型建立的一般步骤 (199)

9.5.3 水质模拟技术 (201)

思考题 (202)

英文缩略词英汉对照表 (203)

参考文献 (205)

第 1 章 概 论

1.1 地理信息系统的定义

1.1.1 信息和地理信息

1. 信息

信息 (Information) 是用数字、文字、符号、语言等介质来表示事件、事物、现象等的内 容、数量或特征。信息向人们 (或系统) 提供关于现实世界新的事实知识, 作为生产、管 理、经营、分析和决策的依据。

信息具有客观性, 适用性, 可传输性和共享性等特征。客观性是指信息都与客观事实相 关, 这是信息正确性和精确度的保证; 适用性是指从大量数据中收集、组织和管理有用的信 息, 这是由建立信息系统目的性所决定的; 可传输性是指信息可以在系统内或用户之间以一 定形式或格式传送和交换, 随着网络技术的发展, 信息的可传输性日益重要; 信息的共享性 是信息可传输性带来的结果, 也就是信息可为多个用户共享。

信息来自于数据, 数据是未加工的原始资料。数字、文字、符号、图形和影像都是数据。 数据是对客观对象的表示, 信息则是数据内涵的意义, 是数据的内容和解释。例如, 从测量 数据中可以抽取出目标和物体的形状、大小和位置等信息, 从遥感卫星图像数据中可以抽取 出各种图形和专题信息, 从实地调查数据中则可抽取出各专题的属性信息。

2. 地理信息

地理信息 (Geographic Information) 是指与所研究对象空间地理分布有关的信息, 它表 示地表物体和环境固有的数据、质量、分布特征、联系和规律。

地理信息属于空间信息。它与一般信息的区别在于它具有区域性、多维性和动态性。区 域性是指地理信息的定位特征, 且这种定位特征是通过公共的地理基础来体现的。例如, 用 经纬网或公里网坐标来识别空间位置, 并指定特定的区域。多维性是指在一个坐标位置上具 有多个专题和属性信息。例如, 在一个地面点上, 可取得高程、污染、交通等多种信息。动 态性是指地理信息的动态变化特征, 即时序特性, 从而使地理信息常以时间尺度划分成不同 时间段信息。这就要求及时采集和更新地理信息, 并根据多时相数据和信息来寻找时间分布 规律, 进而对未来做出预测和预报。

客观世界是一个庞大的信息源。随着现代科学技术的发展, 特别是借助近代数学, 空间 科学和计算机科学, 人们已能够迅速地采集到地理空间的几何信息、物理信息和人文信息, 并适时适地地识别、转换、存储、传输、显示并应用这些信息, 更好地为人类服务。

1.1.2 信息系统和地理信息系统

信息系统（Information System）是具有采集、处理、管理和分析数据能力的系统，它能为单一的或有组织的决策过程提供各种有用信息，其功能框图见图 1-1。信息系统的四大功能为数据采集、管理、分析和表达。更简单地说，信息系统是基于数据库的问答系统（如图 1-2 所示）。

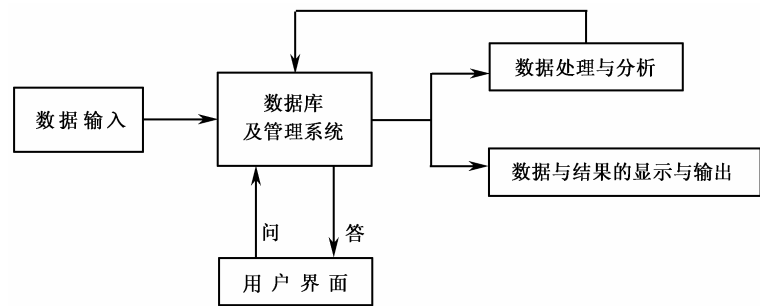


图 1-1 信息系统功能框图

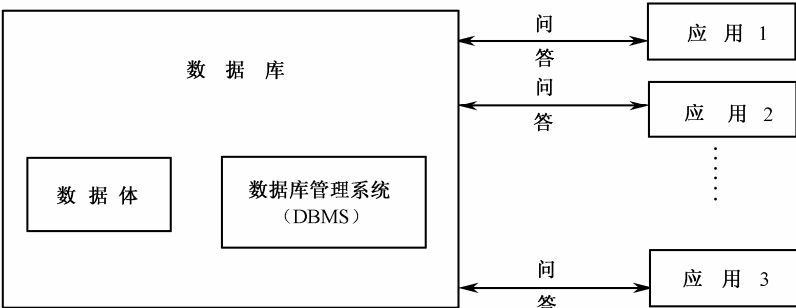


图 1-2 作为问答系统的信息系统

从计算机科学角度看，信息系统是由计算机硬件、软件、数据和用户四大要素组成的问答系统，智能化的系统还包括知识（如图 1-3 所示）。硬件包括各类计算机处理机及其终端设备，软件是支持数据与信息采集、存储、加工、再现和回答用户问题的计算机程序系统，数据则包括定量和定性数据，用户是信息系统所服务的对象，是信息系统的主人。

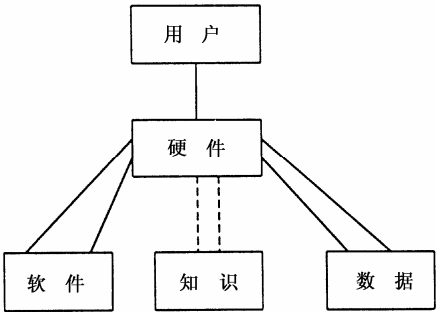


图 1-3 计算机科学意义上的信息系统

用户包括一般用户和从事系统建立、维护、管理和更新的高级用户。
由于计算机技术的飞速发展及计算机应用的普及，不同应用领域的各种信息系统相继出

现，且种类繁多，但从系统结构及处理方法看，主要分为下列几种：

(1) 管理信息系统 (MIS, Management Information System)：是一种基于数据库的回答系统，它往往停留在数据级上支持管理者，如人事管理信息系统，财务管理信息系统，产品销售信息系统等。

(2) 决策支持系统 (DSS, Decision Support System)：是在 MIS 基础上发展起来的一种信息系统，它不仅为管理者提供数据支持，还提供方法和模型的可能支持，并对问题进行仿真和模拟，从而辅助决策者进行决策。

(3) 智能决策支持系统 (IDSS, Intelligent Decision Support System)：是在决策支持系统中进一步引入人工智能 (AI, Artificial Intelligence) 技术。如：专家系统 (ES, Expert System) 解决非结构化问题，提高系统决策自动化程度。

(4) 空间信息系统 (SIS, Spatial Information System)：是对空间数据进行采集、处理、管理和分析的信息系统。由于空间数据的特殊性，使空间信息系统的组织结构及处理方法有别于一般信息系统。

地理信息系统 (GIS) 是一种特定而又十分重要的空间信息系统，它是以采集、储存、管理、分析和描述整个或部分地球表面（包括大气层在内）与空间和地理分布有关的数据的空间信息系统。由于地球是人们赖以生存的基础，所以 GIS 是与人类的生存、发展和进步密切相关的一门信息科学与技术，受到人们愈来愈广泛的重视。

随着地理信息系统的应用，产生了多种相应系统。如自然资源管理信息系统 (Natural Resources Management Information System)、资源与环境信息系统 (Resources and Environment Information System)、土地资源信息系统 (Land Resources Information System)、空间数据处理系统 (Spatial Data Processing System)、空间信息系统 (Spatial Information System)。这些系统研究的对象不同，但研究方法基本上是相似的。

地理信息系统是一门多技术交叉的空间信息科学，它依赖于地理学、测绘学、统计学等基础性学科，又取决于计算机硬件与软件技术、航天技术、遥感技术和人工智能与专家系统技术的进步与成就，如图 1-4 所示。此外，地理信息系统又是一门以应用为目的的信息产业，它的应用可深入到各行各业。

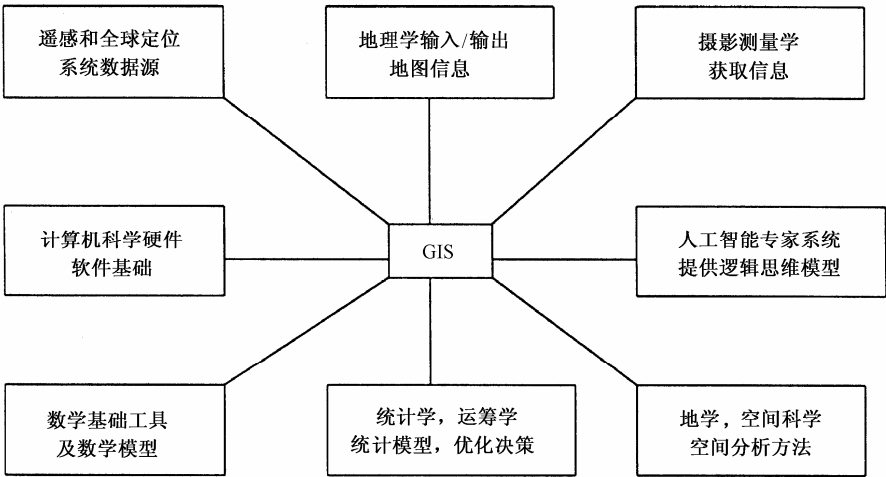


图 1-4 地理信息系统与相关学科

1.2 地理信息系统的基本内容

由表 1-1 和表 1-2 可以了解地理信息系统技术涉及的基本内容。

表 1-1 英国地理信息与分析中心 GIS 教学大纲

一、GIS 概论
引言，硬/软件，栅格 GIS，数据获取，空间数据的性质，空间现象及关系，GIS 的功能，栅格/矢量数据模型对比及相关问题
二、GIS 技术问题
坐标系统及地理编码，矢量数据结构及算法，栅格数据存储，关于地表的数据结构和算法，客体与时间，数据库，误差模拟与数据不确定性，视觉化
三、GIS 的应用
GIS 应用领域，决策支持，系统规划，系统实现，GIS 新方向

表 1-2 Unwin GIS 教学大纲

第一部分 GIS 概论
GIS 的定义及历史，作为商品的数据和信息，GIS 的应用潜力实例
第二部分 GIS 的制图与空间分析概念
空间数据类型，地理参考，地图投影，坐标变换，空间的基本概念，对点、线、面和表面的基本操作
第三部分 计算机环境下的实现
不同层次信息的数字表达，数据模型（栅格、矢量、面向对象），误差，矢量/栅格讨论，计算机技术的进展
第四部分 GIS 操作
硬件，数据存储媒介，处理器及处理环境，显示，生产系统举例
第五部分 GIS 应用
应用领域，全球尺度上的应用，用 GIS 决策，项目管理，价格，效益分析
第六部分 机构问题
数据使用权，质量保证与标准，法律意义，GIS 管理，教育和培训

由表 1-1 和表 1-2 可以看出，GIS 的内容主要包括：有关的计算机软、硬件；空间数据的获取；空间数据的表达及数据结构；空间数据的处理；空间数据的管理；空间数据分析；空间数据的显示与可视化；GIS 的应用；GIS 的项目管理、开发、质量保证与标准化；GIS 机构设置与人员培训等。

1.3 地理信息系统的特性

如上所述，计算机制图、计算机辅助设计、数据库管理系统、遥感图像处理技术奠定了地理信息系统的技术基础。地理信息系统是这些技术的综合，它与这些技术和系统之间既有联系又有区别，这里将它们逐一加以比较，以突出地理信息系统的特性。

1.3.1 GIS 与计算机制图系统的区别与联系

机助制图是地理信息系统的主要技术基础，它涉及 GIS 中的空间数据采集、表示、处理、

可视化甚至空间数据的管理。无论是在国际,还是在国内,GIS 早期的技术都主要反映在计算机制图方面。计算机制图系统或者说数字地图系统,在概念和功能上有很大的差异,它涵盖了相当大的范围,从大比例尺的数字测图系统、电子平板,到小比例尺的地图编辑出版系统、专题图的桌面制图系统、电子地图制作系统及地图数据库系统。它们的功能主要强调空间数据的处理、显示与表达,有些数字制图系统还包含空间查询功能。

地理信息系统和数字制图系统的主要区别在于空间分析方面。一个功能完善的地理信息系统可以包含数字制图系统的所有功能,此外它还应具有丰富的空间分析功能。

尽管利用数字地图的集合,可以建立一个数字地图库,并用数据库管理技术对其实现查询和检索功能,但它绝不可能像地理信息系统那样提供出规划和决策方案。这是因为地理信息系统中往往根据不同专业要求配有相应的分析模型,因此它有很强的处理分析能力。

实际上,数字地图及制图应该是地理信息系统的重要组成部分。首先表现在数字地图是地理信息系统重要的数据源,数字地图制图系统中存储和管理的信息往往是地理信息系统所需要的;其次表现在地理信息系统中,处理分析结果常以数字地图形式来表现和输出的。例如,对某区域进行土地利用规划后输出土地利用规划图,该输出功能包括数字地图的制图。

1.3.2 GIS 与数据库管理系统的区别与联系

目前,数据库管理系统一般指商用的关系数据库管理系统,如 Oracle ,SyBase ,SQL Sever , Infomix ,FoxPro 等。它们不仅是一般事务管理系统,如银行系统、财务系统、商业管理系统、飞机订票系统等系统的基础软件,而且通常也是地理信息系统中属性数据管理的基础软件。目前甚至有些 GIS 的图形数据也交给关系数据库管理系统管理,而关系数据库管理系统也在向空间数据管理方面扩展,如 Oracle ,Infomix ,Ingres 等都增加了管理空间数据的功能。今后有可能将 GIS 中的图形数据和属性数据全部由商用关系数据库管理系统管理。

但是数据库管理系统和地理信息系统之间还存在着区别。地理信息系统除需要具有强大的空间数据的管理功能之外,还需要具有图形数据的采集、空间数据的可视化和空间分析等功能。所以,GIS 在硬件和软件方面均比一般事务数据库更加复杂,在功能上也比后者要强大得多。例如,电话查号台可看做一个事务数据库系统,它只能回答用户所查询的电话号码;而一个用于通信的地理信息系统除了可查询电话号码外,还可提供所有电话用户的地理分布、电话空间分布密度、公共电话的位置与分布、距离新装用户最近的电信局等信息。

1.3.3 GIS 与 CAD 的区别与联系

计算机辅助设计(CAD)是计算机技术用于机械、建筑、工程和产品设计的系统,它主要用于设计各种产品和工程的图形,大到飞机小到微芯片等。

GIS 与 CAD 系统的共同特点是:两者都有坐标参考系统,都能描述和处理图形数据及其空间关系,也都能处理非图形属性数据。它们的主要区别是:CAD 处理的多为规则几何图形及其组合,图形功能极强,属性功能相对较弱。而 GIS 处理的多为地理空间的自然目标和人工目标,图形关系复杂,需要有丰富的符号库和属性库。GIS 需要有较强的空间分析功能,图形与属性的相互操作十分频繁,且多具有专业化的特征。此外,CAD 一般仅在单幅图上操作,海量数据的图库管理的能力比 GIS 要弱。

由于 CAD 具有极强的图形处理能力,也可以设计丰富的符号和连接属性,因此许多用

户都把它作为数字制图系统使用。有些地理信息系统将 CAD 作为数据采集的辅助工具。例如, AutoCAD 软件与很多 GIS 之间有接口, 以便把 AutoCAD 输入的图形数据传送给地理信息系统。美国 ESRI 公司和 AutoDESK 公司合作推出的 ARC-CAD, 可以同 AutoCAD 一起在微机上实现地理信息系统功能, 并同 GIS 软件 Arc/Info 有机地结合起来。AutoDESK 公司还推出了 AutoMap。

1.3.4 GIS 与遥感图像处理系统的区别与联系

遥感图像处理系统是专门用于对遥感图像数据进行分析处理的软件, 它主要强调对遥感栅格数据的几何处理、灰度处理和专题信息提取。遥感数据是地理信息系统的重要信息源。遥感数据经过遥感图像处理系统处理之后, 或是进入 GIS 系统作为背景影像, 或是与经过分类的专题信息一道协同进行 GIS 与遥感的集成分析。

一般来说, 遥感图像处理系统还不便于用于地理信息系统。然而, 许多遥感图像处理系统的制图功能较强, 可以设计丰富的符号和注记, 并可进行图幅整饰, 生产精美的专题地图。有些基于栅格的 GIS 除了能进行遥感图像处理之外, 还具有空间叠置分析等 GIS 的分析功能。但是这种系统一般缺少实体的空间关系描述, 难以进行某一实体的属性查询和空间关系查询以及网络分析等功能。当前, 遥感图像处理系统和地理信息系统的发展趋势是两者的进一步集成, 研究开发出能在同一用户界面内实现对图像和图形进行处理以及矢量、栅格影像和 DEM 数据的整体结合的存储方式。

1.3.5 GIS 与事务处理系统的区别与联系

地理信息系统同一般事务处理系统及信息系统的主要区别是: 地理信息系统处理的数据是空间数据, 它不仅管理反映空间属性的一般的数字、文字数据, 还要管理反映地理分布特征及其之间拓扑关系的空间位置数据, 而且要把两者有机结合起来进行协调管理和分析。而事务数据处理系统, 相对地要简单得多。例如, 电话管理系统可看做一个事务处理系统, 它主要用来回答用户所询问的电话号码以及用户所在的地区、通信地址等信息, 其功能着重查询和检索, 没有深层次的分析功能。此外, 地理信息系统对计算机硬件和软件资源的要求比一般事务处理系统高。例如, 地理信息系统必须具有处理空间数据的输入、输出装置, 如数字化仪、扫描仪、绘图仪等。再有, 由于地理信息系统处理数据量大, 运算复杂, 对计算机的存储能力、运算速度等的要求也比较高。

1.4 地理信息系统的类型

地理信息系统应用面广, 技术潜力大, 且发展极为迅速, 因此很难用一个固定方法进行分类。通常可从下面几种角度来分类。

1. 以研究对象性质和内容分类

(1) 综合性地理信息系统: 按国家统一标准, 存储管理全国范围内的各种自然和社会经济数据的地理信息系统, 或对全球气候、人口、资源进行存储管理的全球地理信息系统。如加拿大国家地理信息系统, 中国自然环境综合信息系统等。

(2) 专题性地理信息系统：指以某一专业、任务或现象为目标建立的地理信息系统，这种系统中数据项的内容及操作功能的设计都是为某一特定专业任务服务的。如小流域综合治理地理信息系统，森林资源管理信息系统等。

2. 以研究对象分布范围分类

(1) 全球性地理信息系统：这种系统研究区域往往涉及全球范围。如全球人口资源地理信息系统。

(2) 区域性地理信息系统：指以某种区域（如行政区）为对象进行研究管理和规划的信息系统。如美国明尼苏达州土地管理信息系统，我国黄土高原地理信息系统等。

3. 以地理信息系统应用功能分类

(1) 工具型地理信息系统。地理信息系统是一个复杂而庞大的空间管理信息系统。用地理信息系统技术实际问题时，有大量软件开发任务，各用户重复开发对人力财力是很大的浪费。工具型地理信息系统为地理信息系统的使用者提供一种技术支持，使用户能借助地理信息系统工具中的功能直接完成应用任务；或者利用工具型地理信息系统，加上专题模型完成应用任务。目前，国外已有很多商品化的工具型地理信息系统，如 Arc/Info，GENAMAP，MapInfo，MGE 等。国内近几年也正在积极开发工具型地理信息系统，并取得了很大的成绩。

(2) 应用型地理信息系统。应用型地理信息系统的开发分两类，一类是借助工具型地理信息系统开发的；另一类是为某专业部门应用自行开发的，这种系统的针对性强，适于在本专业中推广使用。

4. 以地理信息系统数据结构类型分类

地理信息系统的数据结构直接影响它的输入、存储、管理及输出方法和手段。

(1) 矢量数据结构地理信息系统：指以 X, Y 坐标对来表示空间数据的点、线和面等图形的地理信息系统。

(2) 栅格数据结构地理信息系统：指以二维数组来表示空间各象元特征的地理信息系统。

(3) 混合数据结构地理信息系统。

由于矢量数据结构地理信息系统和栅格数据结构地理信息系统的特点不同，适用范围不同，相互之间不能替代，因此出现了矢量数据结构和栅格数据结构并存的地理信息系统。

矢量栅格数据结合通常采用矢量和栅格数据相互间转换来实现。这方面出现了很多算法，但这种转换不仅花费时间多，更主要的是经过转换后，会使原始信息受到不同程度的损失。因此，研究者一直在探索和寻找一体化的数据结构，即混合数据结构，在这方面尽管取得了一些成绩，但技术尚不完全成熟。

1.5 地理信息系统的结构与功能

1.5.1 地理信息系统的组成

地理信息系统主要由四部分组成：计算机硬件系统，计算机软件系统，空间数据，系统的使用、管理和维护人员即用户。其核心内容是计算机硬件和软件，空间数据反映了应用地理信息系统的信息内容，用户决定了系统的工作方式，如图 1-5 所示。

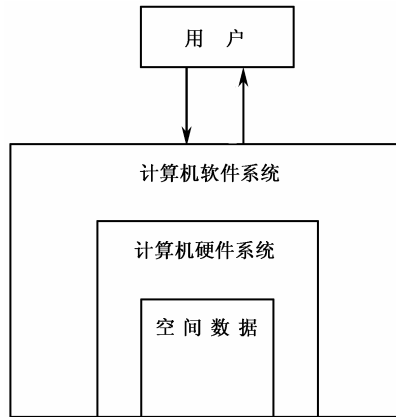


图 1-5 地理信息系统的构成

(1) 计算机硬件系统

计算机硬件系统是计算机系统中实际物理设备的总称，主要包括：计算机主机，输入设备，存储设备和输出设备。

(2) 计算机软件系统

计算机软件系统是地理信息系统运行时所必需的各种程序，包括：

计算机系统软件。

地理信息系统软件及其支撑软件。包括地理信息系统工具或地理信息系统实用软件程序，以完成空间数据的输入、存储、转换、输出及其用户接口功能等。

应用程序。这是根据专题分析模型编制的特定应用任务的程序，是地理信息系统功能的扩充和延伸。一个优秀的地理信息系统工具，对应用程序的开发应是透明的。应用程序作用于专题数据上，构成专题地理信息系统的基本内容。

(3) 空间数据

空间数据是地理信息系统的重要组成部分，是系统分析加工的对象，是地理信息系统表达现实世界的经过抽象的实质性内容。它一般包括三个方面的内容：空间位置坐标数据，地理实体之间空间拓扑关系，相应于空间位置的属性数据。通常，它们以一定的逻辑结构存放在空间数据库中。空间数据来源比较复杂，随着研究对象不同，范围不同，类型不同，可采用不同的空间数据结构和编码方法，其目的就是为了更好地管理和分析空间数据。

(4) 系统的使用、管理和维护人员

地理信息系统是一个复杂的系统，仅有计算机硬件、软件及数据还不能构成一个完整的

系统，必须有系统的使用管理人员。其中包括具有地理信息系统专业知识的高级应用人才，具有计算机专业知识的软件应用人才以及具有较强实际操作能力的硬软件维护人才。

1.5.2 地理信息系统的主要功能模块

地理信息系统的软件一般由五部分组成，即空间数据输入管理、空间数据库管理、空间数据处理分析、空间数据输出管理及应用模型组成。它们之间的关系见图 1-6。

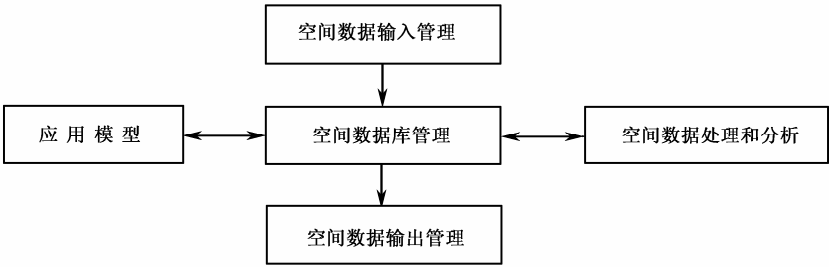


图 1-6 地理信息系统的主要功能模块

(1) 空间数据输入管理

空间数据输入管理模块是相对独立的功能模块。其功能是将地理信息系统中各种数据源输入并转换成计算机所要求的数据格式进行存储。随着数据源种类的不同（如文本数据、数字数据和模拟数据等）、输入设备的不同及系统选用数据结构及数据编码方式的不同，在数据输入部分配有不同的软件，以确保原始数据按要求存入空间数据库中。

通常，空间数据输入的同时，伴随着对输入数据的处理，以实现对数据的校验和编辑。

(2) 空间数据库管理

同一般数据库相比，地理信息系统数据库不仅要管理属性数据，还要管理大量图形数据，以描述空间位置分布及拓扑关系。而且，属性数据和图形数据之间具有不可分割的联系。

此外，地理信息系统中数据库的数据量大，涉及内容多，这些特点决定了它既要按常用关系型数据库管理系统来管理数据，又要采用一些特殊的技术和方法，来解决通常数据库没法管理的空间数据问题。由于地理信息系统数据库具有明显的空间性，所以亦称为空间数据库，如图 1-7 所示。

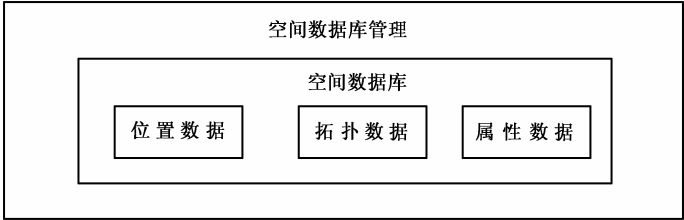


图 1-7 空间数据库管理

(3) 空间数据输出管理

地理信息系统的输出数据种类很多，可以输出地图、表格、文字、图像等；输出介质可以是纸、光盘、磁盘、显示终端等。随着输出数据类型不同和输出介质的不同需配备不同的软件，最终向用户报告分析结果。

(4) 空间数据处理和分析

空间数据处理和分析模块通常为地理信息系统提供一些基本和常用的处理和分析功能,其功能的强弱直接影响到地理信息系统的应用范围。因此,该模块是体现地理信息系统功能强弱的关键部分。

(5) 应用模型

由于地理信息系统应用范围越来越广,常规系统提供的处理和分析功能很难满足所有用户的要求,因此一个优秀的地理信息系统应当为用户提供二次开发手段,以便于用户开发新的空间分析模块,即通过开发各种应用模型来扩充地理信息系统的功能。

1.6 地理信息系统的发展与前景

地理信息系统是一类获取、处理、分析、表示并在不同系统、不同地点和不同用户之间传输空间数据的计算机应用系统。由于地球上 80% 以上的信息与空间位置有关,它应该成为在操作系统、数据库管理系统之上的主要应用集成平台,占据软件产品的主流地位。但是,目前 GIS 软件在技术上并不能适应飞速发展的应用要求,尤其不能适应“数字地球”、“数字城市”和“数字区域”建设中对数据集成和功能集成的需要。认真研究现有 GIS 理论与软件实现技术的不足,寻求理论、方法、技术和工具四个层次的突破和创新,已经成为研究的热点。

1.6.1 地理信息系统软件发展的历史回顾

自从 1960 年加拿大测量学家 Roger . F. Tomlinson 提出“要把地图变成数字形式的地图,便于计算机处理与分析。”的观点以来,该观点就一直是研究与发展 GIS 软件的指导思想。综观 GIS 领域 30 多年的发展历史, GIS 软件技术及其应用取得了巨大的发展,但也存在着严重的不足。从技术层面着眼,其发展大致可以分成三个阶段。

1. 第一阶段

第一阶段是从 20 世纪 60 年代中期到 80 年代的中后期,是 GIS 软件从无到有、从原始到产品的阶段。由于各种条件,包括自身理论和实现技术的不成熟以及 IT 技术的限制,这一阶段的 GIS 软件存在许多不足。其基本技术特点为:

(1) 以图层作为处理的基础:由于当时 GIS 系统中空间数据的主要来源是纸质地图的数字化, GIS 的数据模型中图层处于中心地位。定义某一区域轮廓组成图层,同一图层的空间数据存放在一个文件之中。空间定位与量算以图层范围内的平面笛卡儿坐标系为基础,操作局限于当前图层内。利用计算机技术可以实现同一区域内各种专题数据的叠置、影响区域分析(缓冲)和线状实体的路径分析。但是,各类查询与计算只能在同一图层中进行。

(2) 以系统为中心:当时的 GIS 软件,空间数据各自有自己的数据格式,自成系统,不同的 GIS 系统间基本上没有联系。与其他的软件工具,如 MRPII 软件、CAD 软件等,基本上不存在集成关系。

(3) 单机、单用户:由于 IT 技术的限制,当时的 GIS 系统只能如此。

(4) 全封闭结构,支持二次开发能力非常弱:当时的 GIS 只提供功能极其有限的查询和

计算的自定义语言，与数据库、通用的编程语言没有建立联系，用户只能按照已经开发好的应用系统功能接口来操作，或者联机地、一步一步地完成自己预定的计算任务，无法连贯地、批量地实现复杂的自定义应用功能。

(5) 在主要实现技术上，以文件系统来管理空间数据与属性数据：GIS 的数据分为空间数据和属性数据两类，空间数据描述空间实体的地理位置及其形状，属性数据则描述与相应空间实体有关的应用信息。由于当时数据库管理系统只能管理结构化数据，对空间数据这样的非结构化数据的使用无法进行定义、管理与操纵，因此 GIS 软件只能在文件系统中自行定义空间数据结构及其操纵工具。由于最初关系型 DBMS 不够成熟与普及，对属性数据这样的结构化数据，也放在文件系统中进行管理。

(6) 应用领域基本上集中在资源与环境管理方面。

2. 第二阶段

第二阶段从 20 世纪 80 年代末到 90 年代中期，是 GIS 软件成熟和应用快速发展的时期。在这一阶段，GIS 软件作为一种软件工具，理论与技术已经基本成熟。由于其具备空间数据操纵能力，在应用中受到青睐，应用领域迅速扩展。巨大的应用前景对 GIS 软件提出了各种各样的要求，GIS 软件实现技术也得到迅速发展，但是，GIS 的基本技术体系仍然没有发生根本的变化。其基本技术特点为：

(1) 以图层作为处理基础：由于空间数据模型没有根本的变化，以图层为处理基础的模式依然没有变化。对属性数据的查询可以跨图层进行，但对空间数据的操作仍然限制在同一图层之内。在 GIS 应用系统事先定义的应用功能以外，联机的步进操作方式没有变化。

(2) 引入网络技术，多机、多用户：由于这一阶段网络技术已经成熟，应用范围迅速扩大，GIS 软件也转向多用户和 Client/Server 结构。但是，由于数据模型没有根本变化，Client 与 Server 的关系基本上属于空间数据文件下载和回送的关系，基本的空间数据处理功能在 Client 端实现，是一种典型的“胖 Client”类型。Server 只做文件服务器用，以 NFS 技术为基础，是一种典型的 Device, Shared 式的 C/S 结构。

(3) 以系统为中心：以 GIS 为基础的应用系统仍然是自成体系，不同系统之间空间数据的交换能力有所提高，以数据转换为主要手段。由于属性数据利用商用 DBMS 来管理，可以利用标准的结构化查询语言来进行操纵，通过属性的综合查询结果显示相应的空间图形，数据操纵能力有所增强。而且，可以以属性数据库为纽带与其他系统建立联系，与其他系统的集成能力略有增强，但仍然比较弱。

(4) 支持二次开发的能力有所增强：通用编程语言的编程环境逐渐完善，GIS 提供的應用编程接口 (API) 可以嵌入应用系统的程序。例如，系统定义的 GIS 功能程序可以以库程序的形式出现，通过“Include”方式供应用程序调用。这一阶段的 GIS 系统支持二次开发的能力有所增强，但灵活性仍受到较大的限制。

(5) 以商用 DBMS 管理属性数据，但空间数据仍用文件系统管理：空间实体与其属性通过标识码建立联系。这样，就可以利用商用 DBMS 提供的强大数据管理功能，例如触发器、存储过程等，数据管理能力大大提高，特别是为建立空间数据库系统提供了许多方便。

(6) 应用领域开始有较大范围的扩展，但基本上是管理类应用：引入空间数据的优越性越来越为人们所认识，GIS 的应用范围迅速从资源环境领域向外扩展。城市规划与公用设施

管理、电力、电信管理、交通管理等许多领域成为 GIS 应用的新热点。规划、布点、选址、路由选择等分析决策应用开始出现,但基本上还是以管理类应用为主。

3. 第三阶段

第三阶段从 20 世纪 90 年代中期开始,估计将延续 10 年或稍长一点的时间。这一阶段 IT 技术的突出进步是网络技术,特别是 Internet 在全球的普及以及面向对象软件方法论和技术的成熟,为 GIS 的技术进步注入了新的活力。GIS 逐渐渗透到人类生活的各个方面,迎来了 GIS 应用领域高速扩展的时期。大量的应用需求促使 GIS 软件技术快速发展,将初步形成应用集成平台的地位。其基本技术特点为:

(1) 仍然以图层为处理的基础,但面临不断演化的问题:虽然空间数据的存储引入了新技术,但空间数据模型仍然没有很显著的变化。商用 DBMS (如 Oracle, Infomix, DB2, SQL Server 等) 相继实现了对空间数据的管理,空间数据的管理手段有了明显的提高。但是,由于 DBMS 对空间数据的操纵手段还比较原始和初等,加上 GIS 在设计思想上没有突破地图的限制,适合空间数据处理的中间件相当缺乏,因此以图层为处理基础的局面还没有得到根本的变革,Client 端上空间处理仍然以图层下载为主要桥梁。随着 GIS 应用的多样化,以图层处理为基础所带来的应用上的不便与弊端正为越来越多的人所认识,新的处理模式正在酝酿与试探。

(2) 引入了 Internet 技术,开始向以数据为中心的方向过渡,实现了较低层次的(浏览型或部分查询型)的 B/S 结构:由于 Internet 技术和 Web 技术的成熟与大规模普及应用,GIS 开始面向广大民众,逐渐向以数据为中心的方向过渡,Web GIS 走向成熟,已经成为 GIS 应用的一种重要方式,B/S 结构已经出现。但是,由于空间数据的操纵手段比较弱,还难以实现复杂的一体化操作。目前这类系统基本上是浏览型或功能相对简单的查询型系统,完全操作型的系统尚未出现。

(3) 开放程度大幅增加,组件化技术改造逐步完成:面向对象软件方法论的成熟,体现面向对象的软件开发工具逐渐普及。其中最突出的是软插件技术,软件系统组件化已经成为一种趋势。主要的 GIS 软件在 90 年代中期开始组件化改造,并在 20 世纪末相继完成。这样,GIS 软件部件可以与主要的编程工具结合,插入各种应用软件系统。至此,GIS 软件的开放性大幅度提高,融入了主流软件,实现了跨平台运行的夙愿。

(4) 逐渐重视元数据问题,空间数据共享、服务共享和 GIS 系统互连技术不断发展:随着 GIS 软件的广泛应用,如何实现空间数据和 GIS 服务功能的共享被提到了重要的议事日程。属性数据的共享由于 ODBC 的出现已经解决,不同 GIS 系统间空间数据的共享已经不再满足于数据的互相转换。空间数据的元数据问题受到越来越多的关注。GIS 功能标准化的问题也备受重视,如何实现不同 GIS 系统之间的互操作成为突出的问题。开放 GIS 组织(ODC)提出了开放地理数据互操作规范(OGIS),旨在解决空间数据的继承与共享以及地理操作的分布与共享,这对 GIS 开发平台提出了更高的要求。可以预计,各类空间数据引擎、适应多种 GIS 软件的功能代理会在较短的时间内出现。OGIS (应该还会有改善和提高)就像 ODBC 置于数据库中一样,将成为空间数据操作的统一标准。

(5) 实现空间数据与属性数据的一体化存储和初步的一体化查询,并将不断完善:第三代 GIS 软件采用商用 DBMS 实现了空间数据和属性数据的一体化存储和初步的一体化查询,

提高了空间数据的操纵能力。多源空间数据仓库技术也将逐渐成熟。由于目前对空间关系的理解和表达形式还没有一个完整的、确定的框架,空间数据的完整性、一致性研究有待深入。目前的一体化查询语言还比较初等,表达能力还比较弱,完善和提高尚需时日。

(6) 应用领域迅速扩大,并向纵深发展,开始具有初步的分析决策能力:随着 GIS 应用需求的急剧扩大,各类分析决策需求、甚至三维应用要求也将摆在应用开发者的面前。第三代 GIS 软件一般将此类应用问题放在应用层面来解决,在没有探索出一种公共模型的情况下,这种做法不失为有用之道。但是,这必然是就事论事,缺乏一般性。在数据挖掘技术已经被广泛使用的今天,真正意义上的空间数据挖掘还没有出现,更多的是对属性数据进行挖掘,辅以空间显示。

1.6.2 第四代地理信息系统及其发展思路

综上所述,目前的 GIS 软件仍然是 Tomlinson 型的,基本上只适用于地图处理。由于许多关键技术尚未突破,目前 IT 领域中许多行之有效的处理机制与实现技术还没有在 GIS 软件中得到充分体现。随着 GIS 应用领域的不断拓展,现有的设计思想、体系结构和数据组织已经不适应应用发展的要求。尽管长期以来地图是我们认识空间世界的一种主要且有效的工具,但确实存在着许多固有的缺陷。GIS 为我们提供了全新的管理、使用空间信息的手段。随着人类获取空间数据的手段和能力的不断提高,地图作为空间数据进入 GIS 系统的主要中介作用将越来越弱,最终将回归到作为 GIS 处理、分析结果的表现形式之一。因此,GIS 没有必要再受到地图这种表现形式的制约。我们需要的不仅仅是将地图存入计算机,而是要将地球(哪怕是一部分)存入计算机,以空间位置为框架集成各类信息。新一代 GIS 软件理论和技术必须有一个大的变革,才能适应需要。

1. 第四代 GIS 软件的目标

具备支持数字地球(区域、城市)的能力,成为操作系统(OS)和数据库管理系统(DBMS)之上的主要应用集成平台。实现:由二维处理向多维处理的转变;由面向地图处理向面向客观空间实体及其时空关系处理的转变;由以系统为中心向以数据为中心,实现空间数据与服务共享的转变;由管理型向分析决策型的转变。

2. 第四代 GIS 软件的技术体系

(1) 面向空间实体及其时空关系的数据组织与融合。改变以图层为基础的空间数据组织方式;实现不同尺度空间数据的互动;实现矢量、影像数据的互动;实现多维属性与嵌套表组织;实现多源空间数据的装载与融合,支持数据仓库机制;强大的索引机制。

(2) 统一的海量存储、查询和分析处理。支持 TB 级以上的空间数据存储;有效的空间、属性一体化管理、查询机制;强大的应用模型支持能力;面向问题的分析处理手段和工具;以空间数据为基础的数据挖掘;扩充的、支持空间的“关系”概念与“关系运算”。

(3) 有效的分布式空间数据管理和计算。多用户同步空间数据操作与处理机制;数据、服务代理和多级 B/S 体系结构;联机事务处理(OLTP)与联机分析处理(OIAP);异种 OIS 系统互连与互操作;空间数据分布式存储与数据安全;空间数据高效压缩与解压缩。

(4) 一定的三维和时序处理能力。空间数据的增量存储与快速还原能力;时空数据处理

与分析机制；混合式三维空间数据模型；快速广域三维显示；数据空间化。

(5) 强大的应用集成能力。有效的“3S”集成；GIS 与 MIS，特别是 ERP 的有机集成；GIS 与 OA 的有机集成；GIS 与 CAD 的有机集成；GIS 与 DCS 的有机集成；有一定实时能力、微型化、嵌入式 GIS 与各类设备的集成。

(6) 灵活的操纵能力和一定的虚拟现实表达。多通道用户界面；数据空间化与可视化支持；虚拟现实表达；模型定义语言及其支持机制。

3. 第四代 GIS 软件的体系结构

第四代 GIS 软件的核心部分是空间、属性数据的组织、管理、操纵、分析与结果表达以及与其他应用软件的集成接口(包括应用模型定义接口)。为了适应分布式处理和互操作的要求，还需要有大量的空间数据处理中间件，制订一系列的数据、服务传输协议。而空间数据的采集、加工与分析结果的制图输出等功能可以作为外围部件，与核心部分配套。

思考题

1. 开发 GIS 的动因是什么？
2. 什么是 GIS？GIS 与 CAD 之间有什么差别？
3. 现代 GIS 的基本分析能力有哪些？
4. 通常什么人使用 GIS？其快速发展的原因是什么？
5. GIS 系统可应用于哪些领域？结合自己的专业论述本领域使用 GIS 的前景。
6. GIS 与一般的计算机应用系统有哪些异同点？
7. 在本章 1.2 节介绍的课程大纲中，哪些内容你认为是重要的，说明理由。

第 2 章 实用地理信息系统的数据

实用地理信息系统的一个重要部分就是数据。在开发一个特定的 GIS 时,要根据应用需求确定对各类数据的要求,这包括确定数据的内容、格式和精度。有了特定的要求,再确定数据来源,对现有数据进行审查,看是否符合要求。如现有的数据源中没有所需的数据内容,则需考虑是否可以根据现有的其他内容的数据来产生所需的数据内容。这需要综合利用现有数据源的数据来产生新的数据内容。如果无法利用现有数据生成所需要的数据,就应另行采集所需数据。现代的测量学(包括全球定位系统,即 GPS)、定点观测、航空和航天遥感、统计调查等均是数据采集的手段。如果现有的数据源中有所需的数据,则需考察其精度是否满足要求。若现有数据精度不够,则需考虑是否可以利用其他数据来改善所需数据的精度,否则需要采集新数据。如果现有数据源中既有所需的数据,又满足所需精度,则只需确定该数据是否具有所需的数据格式。若不符合所需的数据格式,则要进行格式转换。

上述对现有数据的审查过程归纳于图 2-1。由图中可见,对各种数据来源有全面及时的了解,对设计实用 GIS 来说很有必要。

本章将对空间数据的类型、来源、质量及其评价方法、典型共享数据等做一简单介绍。

2.1 空间数据的基本特征

空间数据描述的是现实世界各种现象的三大基本特征:空间、时间和专题属性。对于 GIS 来说,时间和专题特征常常被视为非空间属性。近年来对时间特征的研究越来越受到重视。特征值可通过观测或对观测值处理与运算来得到,例如在某一选定点位可获得重力测量值这一专题特征,而该点的重力异常值则是计算出来的专题特征。

1. 空间特征

空间特征指空间物体的位置、形状和大小等几何特征,以及与相邻物体的拓扑关系。位置和拓扑特征是地理或空间信息系统所独有的。空间位置可以由不同的坐标系统来描述,如经纬度坐标、一些标准的地图投影坐标或是任意的直角坐标等。GIS 的作用之一就是进行各种不同坐标系统坐标间的相互转换。

对以计算机处理为主的 GIS 来说,最直接、最简单的空间定位方法是使用坐标,拓扑关系则需要在空间坐标的基础上通过计算来建立,这类算法已很普遍。而对于如何从人类对空间、拓扑的文字描述中自动产生空间坐标这一过程则很少在 GIS 中实现,或许这将成为未来实用 GIS 的一个功能。

2. 时间特征

严格来说,空间数据总是在某一特定时间或时间段内采集得到或计算产生的。由于有些空间数据随时间变化相对较慢,因而有时被忽略。在很多场合,时间可以被看成一个专题

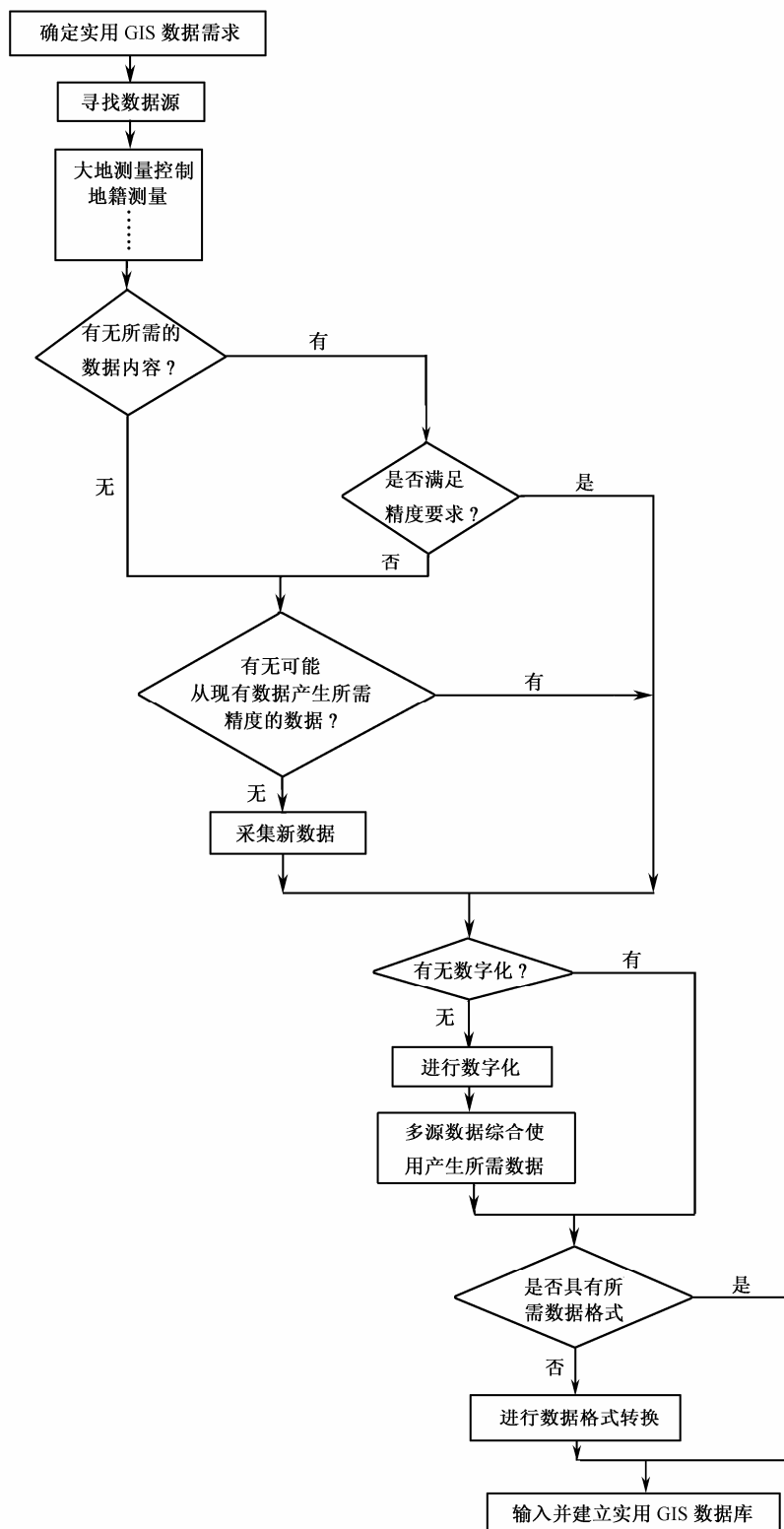


图 2-1 实用 GIS 数据的审查过程

特征,这对于大多数地理信息软件来说是可以做到的。但如何有效地利用时间在 GIS 中进行索引和时空分析目前仍处于研究阶段。

3. 专题特征

专题特征指的是除了时间和空间特征以外的空间现象的其他特征,如地形的坡度、坡向,某地的年降雨量,土壤酸碱度,土地覆盖类型,人口密度,交通流量,空气污染程度等。这类特征在其他类型的信息系统中均可存储和处理。对于这类特征的空间表示方法在传统的地图制图学中有详细的阐述。目前, GIS 中对专题特征的输出方法大多沿用传统的专题制图方法,如分级(层)设色法和符号法等。

2.2 数据的测量尺度

对特定现象的测量就是根据一定的标准对其赋值或打分。例如,对长度使用尺子等测距仪器上的长度单位做参考,对方向用罗盘仪上的角度单位做参考。对任何事物都要鉴别、分类和命名。这些都是量测的组成部分。它们所使用的参考标准或尺度是不同的。量测的尺度大致可以分成四个层次,由粗略至详细依次为:命名或类型(Nominal)、次序(Ordinal)、间隔(Interval)以及比例(Ratio)。

命名式的测量尺度也称做类型测量尺度,只对特定现象进行标识,赋予一定的数值或符号而不定量描述。例如,可以用不同数值表示不同的土地利用类型、植被类型或岩石类型,但是这些数值之间无数量关系,对命名数据的逻辑运算只有“等于”或“不等于”两种形式,而其近似均值只能使用众数。很多专题地图中的数据是命名数据或类型数据。

次序测量尺度是基于对现象进行排序来标识的。例如,把山峰按高度分级为极高山、高山、中山、低山和丘陵等,将坡度分为陡、中、缓等。不同次序之间的间隔大小可以不同。对次序数据的逻辑运算除了“等于”与“不等于”之外,还可以比较它们的大小,即“大于”或“小于”。近似均值可以使用中位数,但不能用算术平均。

比例测量尺度的测量值是指那些有真零值而且测量单位的间隔是相等的数据。例如,金属锌的含量为“0”意味着无锌。比例测量尺度与使用的测量单位无关。间隔测量尺度与比例测量尺度相似,但是间隔尺度的测量值无真的零值。例如,温度是间隔尺度的数据而不是比例尺度数据,因为它的“0”测量值随着所使用的不同温度测量单位而不同,不能说 150 的温度是 75 的温度的两倍,因为这个比例在使用摄氏单位时就改变了。相反,降水量是比例尺度数据,因为它有真的零值。比例数据和间隔数据可用于加、减、乘、除等运算,而且可以求算术平均。比例数据或间隔数据可以比较容易地被转变成次序或命名数据。例如,在地图制作过程中经常将比例或间隔测量值进行分类,将其转化为次序或命名数据。对遥感影像数据进行土地利用或土地覆盖分类就是将比例数据转化成命名数据,即通过分类将一组数据综合或简化到不同的组别。分类是一个将数据综合或简化的处理过程。相反,命名数据则很难被转化成次序、间隔数据或比例数据。

由此可知,尽管命名数据或次序数据便于使用,易于理解,但有时不够精确,不能用于较高级的算术运算。而比例数据或间隔数据比较精确,便于计算机处理。在较复杂的 GIS 应用中,往往上述几种测量尺度的数据均需用到。当同时使用上述各类数据时,一般的算术计

算方法就不再适用了，因而能同时综合使用各种测量尺度数据的方法是最佳的。由于不同测量尺度的数据多半来自不同的渠道，称这种算法为多源数据的综合算法。

2.3 数据来源

数据源大致可以分为原始数据（第一手数据）或处理加工后的数据（第二手数据），也可分为非电子数据和电子数据两类。大多数 GIS 中的数据是第二手数据，当然它们都是电子数据。第二手数据主要包括地图、图书和图像等。

表 2-1 列出了第一手数据和第二手数据的来源。从表中可以看出，GIS 最终提供给用户的一般是经过地理编码后第二手的电子数据库或由此制作出来的图件。

表 2-1 不同数据种类及其来源

项 目	第一手数据	第二手数据
非电子数据	野外测量 笔记 航空相片 人口普查 工程测量	地图统计图表
电子数据	全站仪、全球定位系统数据 地球物理、化学数据 遥感数据	数据库

全球定位仪、激光测距仪、全站仪等可直接与数据记录仪连接，将所测得的大量位置、距离和方位数据储存在数据记录仪内，也可直接存储在便携式计算机的硬盘上。这类仪器配有像 AutoCAD 这类的廉价图形软件和数据库软件，可以使野外测量基本达到电子数据化。例如，Trimble 公司生产的 GPS 接收机 PRO-XL 或 Explorer 与该公司生产的 Pfinder 软件配合使用，用一台 GPS 接收机和一台便携式计算机便可达到定位、属性数据储存、数据图形显示等目的。PRO-XL 还配置一台小型数据记录仪，兼具 GPS 操作功能，该数据记录仪可以同时记录由激光测距仪、全站仪等外接装置传来的数据，这使第一手数据的获取大大简化。

第一手数据资料经解译、编辑和处理后，就变成第二手数据，这类数据包括地图、表格、书和杂志中的地理编码数据。越来越多的第二手资料被数字化后输入到各种 GIS 中，因此在共享 GIS 数据时，建立空间数据的标准至关重要。数据标准不仅与数据交换格式有关，也与数据模型和结构有关。

对于模型简单、概念明确的空间数据，其数据标准较容易确定。如基于定点观测的数据有土地调查数据、地球化学、地球物理、水文、气象、海洋浮标观测数据等。许多数据指标都已建立了固定的测量步骤和数据格式。如卫星遥感影像数据都建立了统一的数据标准。一些航空遥感数据采用了工业图像存储的标准，如 TIFF，JPEG 等格式。

当数据类型的抽象层次提高时，制订数据标准的难度就会相应地提高。如土地覆盖、植被类型、地貌类型等空间数据的抽象程度不如土地利用、生态类型和地质类型等数据的抽象程度高。又如，生态类型的确立是建立在气候、植被、地貌、土壤等因子的基础上的，地质

是以岩性、构造、地球物理和化学因素等为基础的,要建立生态类型或地质类型等的数据标准,就必须先建立起与这些类型有关的基础数据的标准。

空间数据从原始数据经过处理加工变为第二手数据,某些第二手数据可能又经许多变换、概括组合、合成、抽象等步骤派生成更多类型的数据,要将这些过程标准化,困难更大。要充分、有效地利用任何数据,都应对其产生和加工处理的过程有足够的了解。那些描述数据的产生和每一步加工过程的资料称为元数据,对元数据进行标准化更加困难。现有空间数据的元数据资料很少。

2.4 地图投影

空间数据库的一个重要内容是地图投影。只有确定了各类投影数据,才能将各种空间数据转换到统一的地理坐标系之中,以便于综合应用。

平面坐标是依据一定的投影而得到的。尽管在 GIS 中使用地理坐标来描述客观现象的位置是可能的,但最终对各类现象的显示,还需要通过纸、胶片、屏幕等平面媒体来实现。为了避免在球面坐标和投影坐标之间转来转去,大多数 GIS 数据库按投影坐标储存数据。地图投影的方式有多种类型,它们都有不同的应用目的。

地表空间实体的位置按严格的数学定义表达成地理坐标(球面坐标)或平面坐标。地理坐标以经度和纬度表达。平面上的位置是通过极坐标或笛卡儿坐标定义的。

为了从数学上定义地图投影,必须建立一个地球表面的几何模型。最简单的几何模型包括平面、球面及椭圆绕其外轴旋转所生成的椭球面。平面模型只能适合小面积区域的投影制图,而球面模型在大区域的传统制图中有着广泛的应用,椭球面模型投影变换中则需要更复杂的计算,它可用于精确的制图,特别是大比例尺制图。

球面或椭球面地球几何模型可以被投影到许多种表面上,常用的有平面、柱面和锥面。各种表面又可与地球模型相切或相割,柱面和锥面均可展为平面。为理解地图投影的概念,可以想像在地球内有一个灯泡,灯泡的光线照射到地球上的各个点,投影到套在地球上的各种形状(圆锥、圆柱或平面型)的纸上,将这张纸裁开以后便成了平面地图。

(1) 方位投影:用平面与地球模型相切或相割,而将球面或椭球面上的点转换到平面上的投影叫方位投影。如图 2-2(a) 所示。

(2) 圆锥投影:将球面或椭球面上的点置換到锥面上的投影叫圆锥投影。如图 2-2(b) 所示。该投影有等距离性质。兰伯特等角(双纬线)圆锥投影是常用的一种投影方式。

(3) 圆柱投影:将球面或椭球面上的点转换到柱面上的投影叫圆柱投影。常见的墨卡托投影是圆柱投影。如图 2-2(c) 所示。

一个较常用的圆柱投影是由国际大地测量和地球物理联合会于 1936 年制订的横轴墨卡托投影,又称高斯—克里格投影。它将全球按经度分为 60 个 6° 条带,而纬度在北纬 84° 和南纬 80° 之间。这种投影被世界许多国家广泛地用于各种比例尺的地形图制图。

地球上除了地形起伏的陆地表面以外,海洋表面也起伏不断,没有常态。要在地球表面定义坐标体系,首先要定义参考标准,即有恒定高程坐标值的表面。在测量学中使用两种参考表面:一种是垂直的,另一种是水平的基准面。

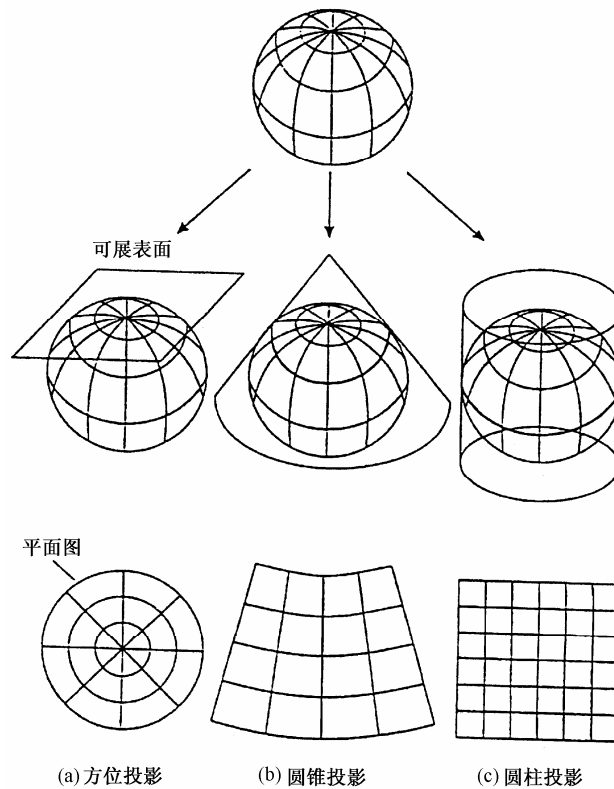


图 2-2 可展表面的三种类型

2.5 全球定位系统

美国海军和空军从 20 世纪 60 年代开始筹划，从 1973 年开始实施，并于 90 年代初完成了 NAVSTAR (NAVigation Satellite Time And Ranging) GPS (Global Positioning System) 全球定位系统。GPS 有 3 个组成部分：卫星、控制系统和用户。现有 24 颗卫星在距离地面大约 20 183 km 的轨道高度上，以每日绕地球两周的周期运行着。6 条轨道按轨道面夹角 60° 间距分开。每条轨道与赤道面的交角为 55° 。每条轨道上有 4 颗卫星。

每颗卫星发射两种频率的无线电波用于定位。第一频率 L1 位于 1575.42 MHz；第二频率 L2 位于 1 227.6 MHz；而载波频率由两种伪码 (Pseudo-Random Noise (PRN) Code) 和一条导航消息调制而成，载波频率及其调制由星上原子钟控制。

GPS 控制系统由设在印度洋的 Diego Garcia，大西洋的 Ascencion，太平洋的 Kwajalein 和美国夏威夷以及 Colorado Springs 五个监测站组成。Colorado Springs 站为监测总站。卫星监测站的功能是监测卫星运行状况，确定其轨道和星上原子钟的工作状态，发送需要传播的信息到各卫星上。

GPS 用户使用适当的接收机下载卫星信息码及载波相位并提取传播的消息。将下载接收到的卫星信息码与接收机产生的复制码匹配比较，便可确定接收机至卫星的距离。如果计算出 4 颗或更多卫星到接收机的距离，再与卫星位置相结合，便可确定 GPS 接收机天线所在的

三维地心坐标（以 WGS84 为标准的椭球面坐标）。若用于高精度的大地测量，则需记录并处理载波或信号波的相位数据。

GPS 通过与卫星同步产生的防伪码（PRN）比较，计算其位置。由于接收机时钟不如卫星上的原子钟精确，所以接收机与卫星在发射伪码时可能不同步，这时需要进行时间校准。

GPS 接收机的一些误差很难消除，最严重的误差则可高达 100 m，但是它可以经过微分纠正来消除。微分纠正是通过使用两个或更多个 GPS 接收机完成的。不经过微分纠正，只要在观测点按一定频率（每秒或每 5 秒）接收较长时间的信号（如 3 min 以上），则一般可以得到 20m 以内精度。若使用双频率（L1 和 L2）大地测量用 GPS 接收机，经微分纠正，定点精度可达毫米级。一般地，GPS 接收机可以输出经纬度和高度，也可以输出横轴墨卡托投影坐标。

除了 NAVSTAR GPS 以外，还有一系列其他的卫星定位系统，如美国军用的 Transit 和俄国的 GLONASS，欧洲空间局发展了 NAVSAT，美国也开发了商用 GEOSTAR 等。

2.6 遥感数据

较之野外测量或野外观测，遥感数据有下列优点：

（1）增大了观测范围。

（2）能够提供大范围的瞬间静态图像。这一点对动态变化的现象非常重要。例如，可根据一系列在不同时间获得的洪泛区图像，研究洪水在大面积范围内的变化。这一点靠野外测量的方法很难做到，因为当我们从一点到达另一点的时候，所观测的洪水趋势已与上一点的观测时间不同了，所以得不到一个大范围的瞬息静态图像。

（3）能够进行大面积重复性观测。即使是人类难以到达的偏远地区也能够做到这一点。特别是，在卫星平台上，可以周期性地获取某地区的遥感数据。

（4）大大拓宽了人眼所能观察的光谱范围。人眼敏感的光谱波长范围大致在 $0.4 \sim 0.7 \mu\text{m}$ 之间，而摄影胶片的敏感范围为 $0.3 \sim 0.9 \mu\text{m}$ ，使人眼的光谱视域拓宽到原来看不到的紫外和近红外波段。利用其他对电磁波敏感的器件，可以使光谱范围增大到从 X 射线（波长为 0.1 nm 级）到微波（波长为数十厘米）。其中，对温度敏感的热红外传感器可以不受昼夜限制，对不同物体的温度成像（光谱范围为 $10.4 \sim 12.4 \mu\text{m}$ ）。而利用微波技术制成的雷达则不仅不受制于昼夜的光照条件，而且可以穿透云层，达到全天候的成像能力。

（5）空间分辨率高。航空相片的空间分辨率可高达厘米级甚至毫米级。在野外实地观察，人眼往往难于注意到这样的空间细节。航空相片经过纠正后几何精度很高，几乎所有像点都有较高几何精度，这也是野外实地测量达不到的。商用卫星遥感数据的空间分辨率将达到 80 cm 左右，而数字航空摄影或利用其他航空传感器可以达到 10 ~ 30 cm 的空间分辨率。

遥感数据特点如表 2-2 所示。

从表 2-2 可以看出，非摄影数据较航空相片易于数字化存储和处理，光谱敏感范围大大加宽，光谱分辨率提高，光谱波段大为增多。光谱分辨率高有助于区分不同物质间细微的光谱辐射差异。光谱波段增多可增强光谱信息含量。拥有数十个以上较连续的光谱波段，而且光谱分辨率较高的传感器称为成像光谱仪。这类仪器获取的图像上每一点都可以制成光谱曲线加以分析（如图 2-2 所示）。但这类传感器也增加了数据容量，从而增加了存储和处理的难

度。获取非摄影数据不需航空摄影那样严格的光照和天气条件。详细的电磁辐射量化程度有助于区分同一波段内的细微辐射程度。卫星遥感一般在覆盖范围方面又远远超过航空遥感，并且其周而复始的轨道周期性运动使获取数据更容易。由于一幅遥感影像由许多中心投影构成，其几何质量不如航空相片，纠正起来也更困难，所以若用于制作较大比例尺的地图，不一定能够满足地图的几何精度。

表 2-2 遥感数据特点

项 目	航 空 相 片	航 空 遥 感	卫 星 遥 感
传感器	照相机	多光谱扫描仪 热红外扫描仪 雷达	同左
数据载体	胶片、相片	磁带、硬盘、光盘、 胶片、相片	磁带、硬盘、光盘、 胶片、相片
光谱敏感范围	0.3 ~ 0.9 nm	0.1 nm ~ 1 m	0.1 nm ~ 1 m
光谱分辨率	≥ 50 nm	一般大于 3 nm	一般大于 3 nm
光谱波段数	1 ~ 3	1 ~ 288	1 ~ 384
空间分辨率	可达毫米级	20 cm ~ 20 m	最高可达 0.82 m
单幅影像覆盖范围	400 m × 400 m 20 km × 29 km	一般大于 20 km × 20 km	6 km × 6 km 至整个半球
对光照条件的要求	10:00 ~ 14:00 地方时	当光谱小于 1 mm 时 日出至日落间 3 ~ 16 mm 时 昼夜均可、受云影响 微波雷达可全天候	当光谱小于 1 mm 时 日出至日落间 3 ~ 16 mm 时 昼夜均可、受云影响 微波雷达可全天候
对天气条件的要求	风暴天不宜	风暴天不宜 阴雨天对雷达无妨	操作于大气层外 不受天气条件影响
数据获取频率	受制于光照和天气条件	受天气条件限制	30 分钟至 26 天
对辐射能量量化的难易程度	难	易	易
投影方式	中心投影	多中心、多条带	多中心、多条带
几何质量	高	低	低

遥感中常使用的电磁辐射能的光谱范围如图 2-3 所示。照相机和一般的多光谱传感器仅限于紫外至短波红外的范围。只有比较昂贵的热红外传感器和雷达使用长于该范围的光谱波长。其中，可见光和近红外较适合于植被分类和制图；短波红外区的 1.5 ~ 1.8μm 较适合估测植物水分，2.3 ~ 2.4μm 较适合岩性识别；热红外适于温度探测；而雷达图像较适于测量地面起伏和对多云地区进行制图。在微波范围也有微波辐射计等传感器，适于土壤水分制图和冰雪探测，但这类传感器分辨率低，大多被用于气候和水文研究。

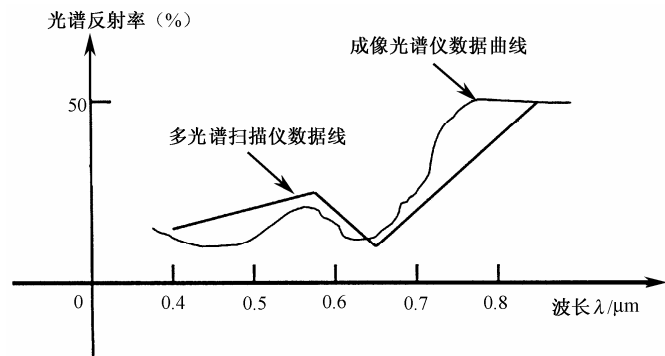


图 2-2 成像光谱仪数据与陆地卫星多光谱数据的比较

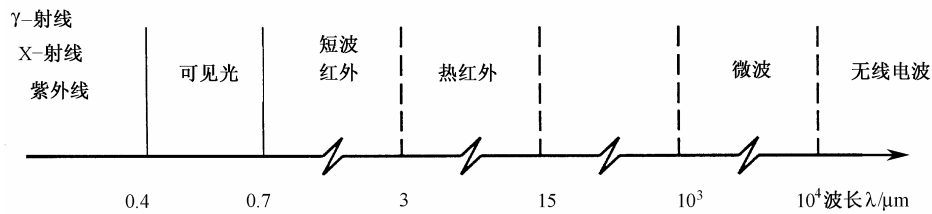


图 2-3 电磁波谱不同波长的分段命名

目前世界上常用的卫星数据仍然是美国的陆地卫星（Landsat）专题制图仪（Thematic Mapper，TM）诺阿气象卫星的甚高分辨率辐射仪（NOAA-AVHRR）和法国 SPOT 卫星的高分辨率传感器（HRV）数据。它们的数据波段、空间分辨率、覆盖范围和对同一地点重访周期见表 2-3。

表 2-3 几种主要对地观测卫星的传感器特性

卫星传感器	波段范围（μm）	空间分辨率	覆盖范围	重访周期	主要用途
Landsat TM	0.45 ~ 0.52（蓝）	波段 1 ~ 5， 7 为 30m	185 km × 185 km	16 天	水深、水色
	0.52 ~ 0.60（绿）				水色、植物状况
	0.63 ~ 0.69（红）				叶绿素、居住区
	0.76 ~ 0.90（近红外）	120 m			植物长势
	1.55 ~ 1.75（中红外）				土壤和植物水分
	10.4 ~ 12.4（热红外）				云及地表温度
	2.05 ~ 2.35（中红外）				岩石类型
NOAA-AVHRR	0.58 ~ 0.68（红）	1.1 km	2 400 km × 2 400 km	0.5 天	植物、云、冰雪
	0.72 ~ 1.10（近红外）				植物、水陆界面
	3.55 ~ 3.93（中红外）				热点、夜间云
	10.3 ~ 11.3（热红外）				云及地表温度
	11.5 ~ 12.5（热红外）				大气及地表温度
SPOT-HRV	0.50 ~ 0.59（绿）	20 m	60 km × 60 km	26 天 局部重访 2 ~ 3 天	水色、植物状况
	0.61 ~ 0.68（红）	20 m			叶绿素、居住区
	0.79 ~ 0.89（近红外）	20 m			植物长势
	0.51 ~ 0.73（全色）	10 m			制图

下一代陆地卫星和 SPOT 卫星传感器着力于增加波段、提高分辨率方面。表 2-3 所列图

像均可在中国国内购得。Landsat 和 SPOT 可从设在北京的中国陆地卫星地球站获得,而 NOAA 影像则可从国家气象中心和许多省气象局或大学获得。与 Landsat 和 SPOT 卫星上所载传感器相类似的,还有日本和印度的海洋观测卫星和地球资源卫星。加拿大、欧洲空间局和日本也提供星载雷达图像。

目前使用的传感器的优点是,它可以同时探测大气、云、水汽、臭氧、海洋、冰雪、陆地表面等的光谱特性,可以用提取到的大气特征信息校正对地表覆盖敏感的光谱波段图像,从而使陆地表面制图与全球变化信息的提取更加可靠,这是以往遥感系统很少能够做到的。

2.7 地图

地图是现实世界的模型,它按照一定的比例、一定的投影原则,有选择地将复杂的三维现实世界的某些内容投影到二维平面媒介上,并用符号将这些内容表现出来。

地图的三个基本元素是比例尺、地图投影和符号。二维平面媒介可以是纸张、透明薄膜、计算机屏幕等。由于地图用符号在二维平面上表达缩小了的三维现实世界,故从三维球面空间投影到二维平面空间必然引入几何变形。为了使重要的信息不被埋没于细节之中,地图必然是一个有选择而又不完整的现实世界模型,这种现实世界模型在地图制图学中主要是通过地图综合来实现的。GIS 中的许多图层都是从某类地图上经数字化和编辑加工得到的。

2.7.1 地图种类

地图通常分为普通地图和专题地图。普通地图是一般性的参考图,它主要用来表达六方面内容:居民地、道路、行政边界、地形(地貌)及地表覆盖、水系和典型目标物。普通地图中最典型的一类是地形图,地形图是按照一定的精度规范编制出来的。制图规范对投影、分幅、比例尺系列、符号、表达内容的精确度等均有严格规定。由于地形图几何精度比较高,所以常被用于其他专题地图制作的基础底图。地图制图的一个重要环节是地图综合,它对以地图做原始数据源的数据误差或不确定性有重要影响。

专题地图反映某一类特定的地理专题。专题地图种类繁多,而且每种图的制作需要一定的专业知识。常见的专题地图有:天气预报图、旅游图、交通图、地铁线路图、地势图等。

下面列出另一些不常见的,但对国民经济生产有重要作用的专题图。

反映自然条件的专题地图有:地质图、土壤图、气候图、植被图、太阳能分布图、风能分布图、洋流图、潮汐图等。

反映经济状况的专题图有:交通图、工业图、农业图、商业图、贸易图、水利图、电力图、渔业图、林业图、牧业图等。

反映自然要素的专题图:原始资料大多是野外考察、测量、航空相片和遥感资料。

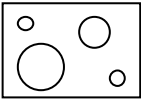
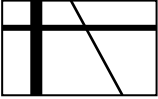
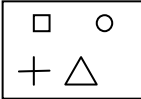
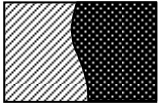
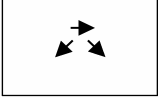
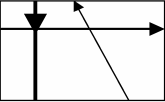
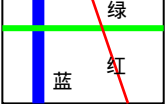
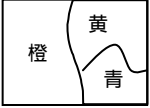
野外收集的资料多数是小范围的布点采样资料,往往需要通过内插等方法扩展到整个制图区域。样点代表性和插值方法的可靠性对专题图制作有重要影响。而反映社会经济、人口、文化、卫生等方面的专题图,原始资料都是统计数据。不论是有关自然现象还是人文现象的原始数据,都需要经过归并、分类、分级等处理,才可以在专题图上用点、线、面状符号表达出来。这些处理过程既可能引入误差,又可能渗入制图者的偏见,使用地图时应注意鉴别。

2.7.2 地图符号

设计和使用地图符号将地面特征、地址和其他位置信息显示在地图上。使用不同地图符号对地面特征加以区分，并进行图形编码，从而达到在二维地图上存储数据的目的。

有些地图有复杂而又标准化的符号系统，如地质图、气象图、林业调查图等，能通过符号存储大量的数据。但一般只有了解这个领域和制图惯例的人才能读懂这类地图。地图使用点状、线状和面状符号表达地图内容（特征）。符号可以使用不同的视觉变量，如尺寸、形状、灰度、纹理、方向、颜色等（见表 2-4）。

表 2-4 地图中常用的符号及符号的视觉变量

视觉变量	点状符号	线状符号	面状符号
尺寸大小			
形状			
灰度			
纹理/模式			
方向			
颜色			

每种符号都可以使用这 6 种视觉变量。对于点符号用尺寸表示数量，用形状表示类别最佳，因为点状符号较小，使用其他视觉变量不易区分。而对于线状符号使用粗度（尺寸）、纹理和颜色较好。对于面状符号使用灰度、纹理和颜色较好。一般用尺寸和灰度表达数量，它们适用于次序、间隔和比例数据。用形状、纹理和颜色等表达命名数据。方向视觉变量与点或线状符号结合可表达风向、水流向（洋流）、人口流动和动物迁移路线等。

有些点状符号将形状和尺寸结合起来表达种类和数量。如矿产资源图，一般用形状表示不同的矿物，而符号的大小表达数量的多少。又如在地势图上，用蓝色表示海洋，绿色代表陆地，高处用黄色和褐色代表，而用颜色的深浅代表水深和陆地高度。

等高线用线状符号表达高度而用相邻等高线间的间隔表达坡地的陡缓，与等高线垂直的方向是局部坡面的方向，如图 2-4 所示。

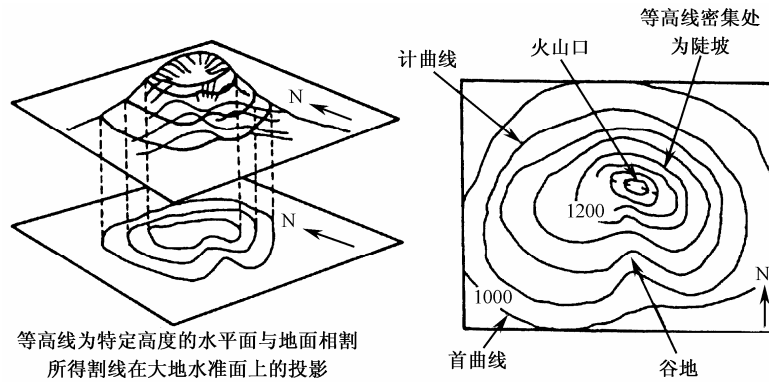


图 2-4 等高线的特点

由图 2-4 可知，等高线是由与大地椭球面平行的平面在一定高度上与地面相割，所得的割线再投影到大地椭球面上而得到的。顾名思义，等高线指在该线上的点高程相同。不同等高线间的高程差对于同一比例尺的地图是恒定的，如 1:50 000 地形图上为 40 m。同一比例尺的图上等高线的高程由计曲线标出，相邻计曲线之间按相同高程间隔插入 4 条等高线即首曲线。它们代表的高程在地图上不标出，而是依据计曲线推算出来的。等高线密集表明在短的水平距离内高程变化大，因而代表该处坡度陡。反之则缓。等高线上凹凸变化之处是山脊或山谷所在的位置。若在凹或凸的方向的相邻等高线高程降低则为山脊，反之为山谷。地图中使用的其他等值线，如气象上的等温线、等雨量图、等压线等，都与等高线的使用原理相似。

2.7.3 地图制作过程和地图综合

地图的制作与 GIS 开发过程有许多相似之处，大致分为下列步骤：

- 调查分析地图用户的要求；
- 确定制图目标，确定比例尺、投影、内容，设计符号，编制制图规范；
- 收集数据，野外测量，相片判读，问卷调查等；
- 对数据进行鉴别、分析处理，如插值、分类等；
- 转绘数据到基础底图上；
- 进行地图综合，先选样区试验，再对整个制图区域进行综合；
- 进行地图清绘；
- 检查质量，检验精度等；
- 修改后，制版印刷。

编图过程中收集数据极为重要，没有适时而详细精确的数据，地图制图的工作注定会失败。在地图编制过程中，地图综合决定着制图的成败。

地图综合是实现由地图制图者对现实世界的抽象模型转化为具体的地图模型的工具。它包括取舍、分类、简化和符号化。每个步骤都减少地图某些细节，但最终提供给用户足够的地理知识和信息。适当的地图综合能够给地图用户提供有效的信息，而过度的综合则可导致信息匮乏而缺少真实感。

(1) 取舍：它实际上贯穿于整个制图过程中。如制图区域的选择，比例尺和地图投影的确定。适合于制图目的的变量选取，数据的收集和采样方法的选用都是取舍的内容。

(2) 分类：指的是将同样的或类似的制图对象划入一组。它是一个消除个体，从个体抽象概括一般性的方法。分类可使地图的复杂性减低，将制图对象按类组织在一起，因此可以增加地图向读者传输信息的有效性。在制作专题地图时，分类可用于定性信息，也可用于定量信息。例如，土地利用分类是依据人们对土地的开发使用活动来划分的，可分为农业用地、居住用地等。土地利用活动一般是通过定性描述数据来记录的；而使用定量信息进行土地利用分类也是可能的，如利用数字遥感图像进行的土地分类。从遥感图像转变成土地利用类型定性数据时，尽管图像上原有的丰富数字信息丢失了，但简化了空间细节，使土地利用类型一目了然。这就是分类的功效。

(3) 简化：实际上，取舍、分类和符号化都是为了简化细节，但简化还有其他形式，如光滑、化曲为直、归并等。例如，经过两点的道路，在有些图上要有准确的地理位置，而对于公路示意图来说，则只需用直线连接两点以表示该两点有公路相通即可。

(4) 符号化：由于不可能将所有制图对象的实际形状按比例缩小到地图上，所以地图上要用符号。符号又分为两类：抽象符号和象形符号。象形符号，如铁路、工厂等；抽象符号一般使用简单的几何符号。

2.7.4 计算机制图

计算机制图是地图学中较新的一个领域，也是 GIS 输出、显示结果的一个重要部分。计算机制图的主要内容是地图设计和绘制，通过计算机程序和相应的绘图硬件来实现。地图符号已经可以完全由计算机绘制。对地图特征的许多处理，如分类、空间插值、线条光滑等，均可用计算机来实现。利用计算机对线状要素进行制图综合也已取得很大进步。但是，利用计算机进行制图综合的结果仍比较机械，需要将更多的专家经验计算机化，特别是用计算机同时对多种内容进行地图综合的技术还不太成熟。

由于计算机制图越来越容易，未受地图学训练的人也可以制作美观的地图“艺术品”，但是这种作品往往在选择比例尺、地图投影和对数据分类及设色等方面科学性差，难以有效地传输地理信息。

2.8 数据质量

数据质量是指数据适用于不同应用的能力。只有了解数据质量之后才能判断数据对某种应用的适宜性。但是要充分评价数据质量并不容易，需要花费很多的人力和财力。若要想知道地形图上各类特征的准确度，就需要用独立于制图所使用的原始数据而又至少有同类精度的数据来验证。欲验证从地形图上量测出的数据，所用验证的数据要么需要用更昂贵的仪器去量测，要么需要用同样的测量方法对某些制图对象进行重复测算，这便需要更多的人力和经费投入。

2.8.1 数据质量的基本特点

数据质量可从下列几个方面来考察：

(1) 准确度 (Accuracy): 即测量值与真值之间的接近程度, 可用误差 (Error) 来衡量。如果两地间的距离为 100 km, 从地图上量测的距离为 98 km, 那么地图距离的误差为 2 km; 若用 GPS 量测并计算两点间的距离得 99.9 km, 则 GPS 的测距误差为 0.1 km。因而, 用 GPS 测量比用地图量测距离更准确。

(2) 精度 (Precision): 即对现象描述的详细程度。如对同样两点间距离, 用 GPS 测量可得 9.903 km, 而用工程制图尺在 1:100 000 地形图上量算仅可得到小数点后两位, 即 9.85 km, 9.85 km 比 9.903 km 精度低。但精度低的数据并不一定准确度也低。如在计算机中用 32 bit 实型数来存储 0~255 范围内的整数, 并不能因为这类数后面带着许多小数位而说这类数比仅用 8 bit 的无符号整型数存储的数更精确, 它们的准确度实际是一样的。若要测地壳移动, 用精度仅在 2~5 m 的 GPS 接收机进行测量当然是不可能的, 需要用精度在 0.001 m 量级供大地测量用的 GPS 接收机进行测量。

(3) 不确定性 (Uncertainty): 指某现象不能精确测得。当真值不可测或无法知道时, 我们就无法确定误差, 因而用不确定性取代误差。统计上, 用多次测量的平均值来计算真值, 而用标准差来反映可能的误差大小。因此可以用标准差来表示测量值的不确定性。欲知标准差, 就需要对同一现象做多次测量, 所以要知道某测量值的不确定程度, 需要多次测量, 而称一次测量的结果为不确定的。例如, 由于潮汐的作用, 海岸线是某一瞬间海水与陆地的交界, 它是一个大家熟知的不能准确测量的现象, 我们称测量得到的海岸线长度为不确定的。其实, 造成数据不确定性的原因不仅限于真值的不可测或测不准, 也可能是由于测量对象的概念模糊所致。如高密度住宅或常绿阔叶林, 当地图或数据库中出现这类多边形时, 我们无法知道住宅密度究竟多高, 该处常绿阔叶林中到底有哪几种树种, 而只知道一个范围, 因而这类数据是不确定的。一般而言, 从大比例尺地图上获得的数据, 其不确定性较比例尺地图上的小, 从高空高分辨率遥感图像上得到的数据的不确定性较低分辨率的小。

(4) 相容性 (Compatibility): 指两个来源的数据在同一个应用中使用的难易程度。例如, 两个相邻地区的土地利用图, 当要将它们拼接到一起时, 两图边缘处不仅边界线可良好地衔接, 而且类型也一致, 称两图相容性好。反之, 若两图上的土地利用边界无法接边, 即两个城市的统计指标不一致造成所得数据无法比较, 致使数据不相容。这种不相容可以通过统一分类和统计标准来减轻。另一类不相容性可从使用不同比例尺的地图数据看到。一般土壤图的比例尺小于 1:100 000, 而植被图的则在 1:15 000~1:50 000 之间。当使用这两种数据进行生态分类时, 可能出现两种情况: 一是当某一土壤图的图斑大得使它代表的土壤类型在生态分类时可以被忽略; 二是当土地界线与某植被图斑相交时, 它实际应该与植被图斑的部分界线一致。这种状况的出现使得本该属于同一生态类型的植被图斑被划分为两类。造成这种状况的原因可能是土壤图制图时边界不准确, 或由于制图综合所致。显然, 比例尺的不同能够造成数据的不相容。当用遥感图像更新林业图时, 虽然原来的林业图可能是从航空相片判读得来的, 如果遥感图像的几何准确度在林业图的几何准确度范围之内, 而遥感图像上所得到的森林类型、郁闭度级别和树木大小级别与林业图一致而且准确度在可接受的范围内, 则称从遥感图像上得到的林业图更新数据与原林业图相容。如果用两种不同方法制作的林业图中的一个图的分类体系可以转化成另一个图的分类体系, 那么从使用后一个图的角度看, 前一个图与后一个图是相容的。反之不然。

(5) 一致性 (Consistency): 指对同一现象或同类现象的表达的一致程度。例如, 同一

条河流,在地形图上和在土壤图上形状不同;同一行政边界在人口图和土地利用图上不能重合,这些均表示数据的一致性差。又如,在同一地形图上,同类地形起伏和地貌状况,等高线的疏密和光滑程度会有所不同。这或是由于同一制图者对等高线的制图综合标准不一,或是由于两个不同制图者的制图综合标准有出入造成的。再如,水系图与森林图叠加后发现,森林与湖面重叠,这在逻辑上是不一致的。造成这一状况的原因要么是某图的数据坐标有偏差,要么是制图综合程度不一致。逻辑的一致性,指描述特征间的逻辑关系表达的可靠性,这种逻辑关系可能是特征的连续性、层次性或其他逻辑结构。例如,水系或道路是不应该穿越一个房屋的;岛屿的海岸线应该是闭合的多边形;等高线不应该交叉等。由于人力所限,有些数据的获取是分区完成的,这在时间上就不一致。

(6) 完整性 (Completeness): 指具有同一准确度和精度的数据在类型上和特定空间范围内是否完整的程度。一般来说,空间范围越大,数据的完整性可能就越差。最简单的数据不完整例子是缺少数据。例如,计算机接收从 GPS 传来的位置数据时,由于受到干扰,只记录下经度而丢失了纬度,以至造成数据不完整;另外,由于 GPS 接收机无法收到 4 颗或更多的卫星信号而无法计算高程数据也会造成数据不完整。又如,某个应用项目需要 1:50 000 的基础底图,但现有的地图数据只覆盖项目区的一部分,底图数据便不完整。这时可用更大比例尺的地图来填补缺少 1:50 000 比例尺地图的地区。再如,生态类型制图需要地形高程、坡度、坡向、植被覆盖类型、气温、降雨和土地等方面的数据,缺少上述任一方面的数据对生态分类都是不完整的。

(7) 可得性 (Accessibility): 指获取或使用数据的容易程度。保密的数据按其保密等级限制使用者的多少,有些单位或个人无权使用;公开的数据则按价决定可得性,价格过高可能导致潜在用户另行搜集数据,造成浪费。

(8) 现势性 (Timeliness): 指数据反映客观现象目前状况的程度。不同现象的变化频率是不同的。如地形、地质状况的变化一般来说比人类建设速度要缓慢。地形可能会由于山崩、雪崩、滑坡、泥石流、人工挖掘及填海等原因而在局部区域改变。但由于地图制作周期较长,局部的快速变化往往不能及时地反映在地形图上。对那些变化较快的地区,地形图就失去了现势性。城市地区土地覆盖变化较快,这类地区土地覆盖图的现势性就比发展较慢的农村地区的差些。地形图上记录着所用航空相片的获取年代,若又用其他数据进行过修改(一般是较新的航空相片),也应记录于上。开发数据库时,应该记录数据的采集时间及其处理方法和过程,作为数据的档案(Lineage)。谈到现势性差的数据,我们或许会想到可将它们作为历史资料与新采集的数据进行比较,以确定一定时间间隔内发生的变化。这时应注意历史数据的时间一致性问题。由于历史数据采集方法落后,有时一个地区的数据需要花费几年时间来收集,而那些数据究竟来自哪年又不清楚,当新数据是在某一个较短时间内完成的时候,这两种数据经比较所得到的变化数据在时间上就存在着不一致现象。

可见,数据质量的好坏与上述种种数据的特征有关。这些特征代表着数据的不同方面,它们之间有联系。如果数据现势性差,那么用于反映现在的客观现象就可能不准确。数据可得性差,就会影响数据的完整性。数据精度差,则数据不确定性就高。

2.8.2 数据误差的主要来源

GIS 数据误差的主要来源如表 2-5 所示。

表 2-5 数据误差的主要来源

数据处理过程	误差来源
数据收集	野外测量误差：仪器误差、记录误差 遥感数据误差：辐射和几何纠正误差、信息提取误差 地图数据误差：原始数据误差、坐标转换、制图综合及印刷等误差
数据输入	数字化误差：仪器误差、操作误差 不同系统格式转换误差：栅格—矢量互换、三角网—等值线互换
数据存储	数值精度不够 空间精度不够：格网或图像太大、地图偏小或制图单元太大
数据处理	分类间隔不合理 多层数据叠加引起的误差传播：播值误差、多源数据综合分析误差 比例尺太小引起的误差
数据输出	输出设备不精确引起的误差 输出的媒介不稳定造成的误差
数据使用	对数据所包含的信息的误差 对数据信息使用不当

2.8.3 数据的误差类型

数据的误差主要有四大类，即几何误差、属性误差、时间误差和逻辑误差。数据的不完整性是可以通过上述四类误差反映出来的。事实上，检查逻辑误差有助于发现不完整的数据和其他三类误差。对数据进行质量控制、质量保证或质量评价时机时，一般先从数据的逻辑性检查入手。

对 GIS 的数据进行各种应用分析时的误差有：

- 数据层叠加时的冗余多边形；
- 数据应用时，由应用模型引起的误差。

将数据转换和处理时的误差分为：

- 数字化误差；
- 格式转换误差；
- 不同 GIS 系统间数据转换误差。

2.9 空间数据类型转换

地理信息系统空间数据类型主要有矢量数据和栅格数据。矢量数据包含有拓扑信息，经常应用于地理空间关系的分析，栅格数据则易于表示面状要素，经常在图像数据处理过程中使用。能够对矢量、栅格和专业数据进行共同管理和处理，已成为地理信息系统设计的基本要求。共同管理和处理的主要内容包括矢量数据与栅格数据之间的相互转换。

2.9.1 栅格与矢量数据的比较

栅格数据类型具有“属性明显、位置隐含”的特点，它易于实现，且操作简单，有利于基于栅格的空间信息模型的运行分析；但它的数据表达精度不高，工作效率较低。要提高表

达精度,就需要更多的栅格单元数据,这就易于造成栅格数据的冗余,从而降低基于栅格数据的工作效率。而要提高工作效率,又必须减少数据冗余。因此,对基于栅格数据结构的应用来说,需要根据应用项目及其精度要求来恰当地平衡栅格数据的表达精度与工作效率之间的关系。

矢量数据类型具有“位置明显、属性隐含”的特点,它操作起来比较复杂,许多分析操作(如叠置分析等)用矢量数据结构难于实现;但它的数据表达精度较高,且工作效率较高。

栅格数据结构与矢量数据结构的比较见表 2-6。

表 2-6 矢量与栅格数据结构的比较

比 较 内 容	矢 量 格 式	栅 格 格 式
数据量	小	大
图形精度	高	低
图形运算	复杂、高效	简单、低效
遥感图像格式	不一致	一致或接近
输出表示	抽象、昂贵	直观、便宜
数据共享	不易实现	容易实现
拓扑和网络分析	容易实现	不易实现

2.9.2 栅格数据与矢量数据的转换

1. 矢量格式向栅格格式转换

从点、线、面实体转化为规则单元,这个过程叫栅格化。首先要选择好单元的大小和外形,然后检测实体是否落在这些单元上,记录存在或空缺以及其他属性。一般根据行或列向上的扫描来完成,生成一个二维阵列。栅格化过程通常包括以下三个基本步骤:

- (1) 将点和线实体的角点的笛卡儿坐标转换到预定分辨率和已知位置值的矩阵中;
- (2) 利用单根扫描线(沿行或沿列)或一组相连接的扫描线去测试线性要素与单元边界的交叉点,并记录有多少个栅格单元穿过交叉点;
- (3) 对多边形而言,测试过角点后,剩下线段处理,这时只要利用二次扫描就可以知道何时到达多边形的边界,并记录其位置与属性值。

2. 栅格格式向矢量格式转换

从栅格单元转换到几何图形的过程,通常称为矢量化。矢量化过程要保证以下两点:一是拓扑转换,即保持栅格表示出的连通性与邻接性;二是转换物体正确的外形。矢量化过程中,遇到某个单元的值与周围均不同,则该单元代表一个点;如果具有某一属性值的单元是连续的,可以将它们搜索出来,并细化处理,取中间的单元连成的位置作为一条线。对面状图形的处理则有些复杂,先要将所有单元编码,然后将具有同一属性值的单元归为一类,这时检测两类不同属性值的边界作为多边形的一条边,沿左方向或右方向,用八邻域算子顺序搜索出一条完整边界,然后标注内点。通过以上处理,即可完成点、线、面的矢量化。

栅格格式向矢量格式转换通常包括以下四个基本步骤:

- (1) 多边形边界提取:采用高通滤波将栅格图像二值化或以特殊值标识边界点。

(2) 边界线追踪：对每个边界弧段，由一个结点向另一个结点搜索。通常，对每个已知边界点，需沿途进入方向的其他 7 个方向搜索下一个边界点，直到连成边界弧段。

(3) 去除多余点及曲线圆滑：由于搜索是逐个栅格进行的，因此必须去除由此造成的多余点记录，以减少数据冗余。由于栅格精度的限制，搜索结果曲线可能不够圆滑，需采用一定的插补算法进行光滑处理。常用的算法有：线性迭代法；分段三次多项式插值法；样条函数插值法等。

(4) 拓扑关系生成：对于以矢量表示的边界弧段数据，通过判断其与原图上各多边形的空间关系来形成完整的拓扑结构，并建立与属性数据的联系。

思考题

1. 空间数据的基本内容有哪些？各种数据有哪些基本特征？
2. 传统地图与其自动化对应者之间有什么联系？GIS 的四个子系统与地图之间有什么联系？
3. 为什么需要基本的文件结构、数据源结构和图形数据形式？
4. 空间数据共享的方法有哪几种？阐述空间数据共享问题：除技术因素外，主要存在哪些方面的问题？
5. 空间数据的不确定性包含哪些方面？你认为哪几个方面的数据是难以保证的、最需要注意的？

第3章 地理信息系统的数据库设计

GIS,尤其是实用GIS,是GIS软件、硬件、人和数据的高度综合体。数据是人和软件操作的对象,存储于硬件设备上。一个数据库组织的有效程度将对整个GIS系统运作的成功与否起决定性作用。数据的组织属于数据库设计的范畴。

本章介绍GIS数据库设计的主要过程。读完本章后,读者将能够更有效地与用户交流,以了解和评价用户的需求,并以此为指导来分析和评价空间和属性的数据源,从而对GIS数据库进行详细的设计,制订实施计划。

3.1 地理信息系统数据库及其设计

3.1.1 GIS数据库

所谓数据库,是在计算机存储设备上合理存放的相互关联的数据集。GIS数据库则是对空间数据合理存放的一个集合。一般来说,数据库的集合存放遵循下面几个原则:

- (1) 最小冗余度原则:数据尽可能不重复。
- (2) 应用程序对数据资源的共享原则:以最优的方式服务于一个或多个应用程序。
- (3) 数据独立性原则:数据的存放尽可能地独立于使用它的应用程序。
- (4) 统一管理原则:能够用一个软件统一管理这些数据。例如,对数据的维护、更新、增删和检索等一系列操作。

一个GIS数据库所服务的范围常常很广泛。例如,一个城市的地理数据库可能要同时服务于城市规划、地籍管理、基础设施管理、城市税收、环境保护、火警控制、公安、土地使用、城市交通管理等各部门。而各个部门对同一种数据的要求可能有所不同。以一个城市的地块数据为例,城市规划部门需要掌握各地块的特定使用类型,是居民用地,还是商业用地或其他用地;环境保护部门需掌握各地块是污染地区还是被污染地区;交通管理部门关心各地块的交通状况和道路状况;火警部门需要掌握从火警站点到各个地块的路径信息及各地的易燃性;土地使用部门需要掌握各地块是否按规定进行使用;税务部门更关心从各地块上能收回多少税。

GIS数据库是一个共享或分享式的数据库。对于一个数据库,不同用户的要求和使用方式均有不同,有时甚至是大相径庭,因此数据库中的数据应该依其本身的特点进行组织,而不应因使用目的的不同而不同。另外,数据库的结构应当反映出不同用户的要求,支持各种应用程序和目的。这便是分享式数据库的一个主要的特点,即与各种应用程序的相对独立性。

分享式数据库的优点可以从以下几个方面来概括:

- (1) 灵活性增强。因为分享式数据库独立于各种应用程序的要求,所以可以被任何应用目的所用。
- (2) 用户应用程序的共同开发。数据库的共享性,使得其开发过程和费用的共享性也变

得合理。这样，相对于各个数据库的使用者来讲，其开发的费用相对降低，而使用范围却得到扩大。

(3) 维护的分享。各部门可以通过协调来对数据库进行共同维护和更新。

(4) 减少数据的冗余度。因为数据库中的数据独立于各类应用程序，所以各部门均可以用同一标准使用某类数据。这样同一种数据（例如，地块数据）只需要被存储一次即可。维护和更新也只对一种版本的数据进行，保持数据的现势性。

3.1.2 GIS 数据库设计的概念

数据库设计是一个复杂、繁琐的过程，通常包括制订整个数据库的使用目的和目标，分析和评价各种设计方案和雏形试验。例如，在给一个机构开发数据库时，首先要鉴别该组织机构的长期和短期发展方向，了解数据库使用的目的，了解目前存在的问题和制约因素，然后制订出各种可行性方案，测试各种方案，根据测试的结果来计划总体数据库实施方案。

GIS 数据库的设计要有更多的考虑，因为地理数据有矢量和栅格之分，各种数据又同时具有空间和属性的特征，有的还有时间上的信息特征，各种特征的信息可能要用不同的结构来表达。对各类数据的开发，可能需要使用不同的 GIS 软件来完成，这样数据的格式也各不相同，一个数据库可能容纳各种各样的数据类型和格式。如何有机地将这些考虑结合起来，也是一个 GIS 数据库设计成功与否的关键因素之一。

GIS 数据库的设计既要考虑数据的特征，又要兼顾应用目的。仅依据数据特征来进行 GIS 数据库设计的方法会忽略了用户将如何使用这些数据的部分，所以这样设计出的数据库常常无人问津。按照应用目的设计的数据库是根据用户的使用目的来对数据库进行设计，假若对数据的考虑加强一些，便可以使设计出的数据库既充分利用了技术上的优势，又兼顾了用户的应用目的。

3.1.3 GIS 数据库设计过程

数据库的设计方法，随数据库的类型、大小、复杂程度和使用时间的长短等因素的不同而不同。只要能将所有数据有效、合理地存储在数据库中，并能够满足用户的要求，无论采用怎样的设计方法都可以。一般来说，无论哪一种数据库，在设计过程中不外乎以下几个步骤：

(1) 需求分析

需求分析是一个很费时的过程，主要要求数据库开发者与最终的各类用户进行面谈，以了解用户对数据库的使用目的、要求和日常的操作任务等。它包括了解所有与 GIS 有关的信息，例如用户、数据、输入和输出、安全问题、硬件、软件和管理等。需求分析的过程也常常是对用户的专业教育过程，帮助他们认识 GIS 的各种潜在能力。

(2) 原型概念化设计

在了解和分析了用户需求以后，GIS 数据库的设计者便可以确定数据库的内容及各类数据在库中的组织及逻辑结构。目前，根据各种 GIS 数据开发软件及硬件的不同，有不同的数据库模式。例如，Arc/Info，MGE 和 MapInfo 等，分别有自己的数据模型。根据需求分析的结果，在做概念设计时，要使用不同的数据库模式以反映软硬件的要求。

(3) GIS 数据库的详细设计

详细设计是根据所选择的数据库模式,将数据库中的各类数据及数据间的相互关系表达出来。

(4) 自动化方案制订

自动化方案制订是根据数据库详细设计的要求,制订的自动化方案。

(5) 试点项目实施

为了测试所设计的数据库是否合理可用,常常需要先选用一个小样区来将整个数据内容建库,并测试各种设计、功能和灵活性等。这样既可帮助用户了解将获得的数据库的各种状况,又可使开发者在评定设计方案的可行性的同时,了解下一步实施的过程。

(6) 数据库整体实施

在设计和试验项目完成之后,就到了数据库的整体实施阶段。这是一个在时间上相对较长的阶段,要求实施过程按照一定的顺序统筹进行。

3.2 用户需求分析

用户需求分析,使 GIS 数据库的开发者可以明确地了解系统的用户对数据库内容和行为的期望和要求。在这一过程中, GIS 数据库的开发者应该主要了解下面的内容:

- (1) 明确即将开发的 GIS 所支持的各种功能;
- (2) 了解系统要求的数据内容和行为;
- (3) 了解数据之间的关系和优先次序,这些信息有利于制订数据库的开发实施计划;
- (4) 了解数据库和 GIS 的整体要求及蓝图。

需求分析的过程实际上是一个继承与发展的过程。继承是要求全面调查、了解目前组织机构内的常规工作,理解其运作及关键性步骤。继承的过程是一个学习和认识的过程,以对各类数据内容和行为进行调查的方式为主。发展则是基于对现有的数据和机构组织理解的基础之上,用新的观点和 GIS 的技术来更有效地完成同样的日常任务。

3.2.1 现状调查

现状调查的目的是学习、了解机构内现有的运作。通常可以采用以下方式: 面谈; 电话访谈; 参观; 问卷; 索取有关的资料并加以学习和理解; GIS 专题报告等。这 6 种方式经常被结合起来一起使用。一般来说,应该以参观和面谈开始,参观不仅可以对机构的组织和运作得到感性的体会,还可以找到较适当的接洽人以便各种后续工作的开展。在参观一个机构之前, GIS 专家应该准备出一套表格和备忘录,以便在参观过程中一一了解。参观的目的是为了对一个机构的总体情况做一个粗略但全面的调查,然后可以根据参观的结果和所取得的材料制订下一步的方案。详细的问卷调查方式和面谈方式又常常是更详细地了解具体情况的好办法。这两种方式均要求 GIS 专家将参观、了解到的各种信息分门别类地加以组织,然后提出新的具体问题,由机构内的各类有关人员帮助详细作答。这种问题的提出常常需要有经验的 GIS 专家来完成,问题提出的质量直接关系到信息获得的质量。

3.2.2 需要了解的内容

在信息获取过程中,所需要了解的内容是多方面的,通常可以分成机构的组织模式、日

常操作、数据、专业人员、软件和硬件这六大类。每类问题又可以分成现有状况和期望状况两种。表 3-1 列出了各类常用问题供读者参考。

表 3-1 各类常用问题

类 别	状 态	问 题
机 构 组 织	现 在	现行机构的组织结构？有关的部门有哪些？ 各组织的职责及执行的任务。 是否有什么不足或缺陷？ 短期内有什么变动？ 现行机构的书面材料。
	将 来	是否有改变缺陷的计划？ 新的 GIS 系统实施以后有什么机构需要变更？ 是否有书面计划？ 资金状况如何？
日 常 操 作	现 在	各部门的日常工作职责是什么？ 各部门日常工作的流程是什么？每天、每月、每年的工作任务是什么？ 各项工作的优先次序。 目前的问题及需解决的优先次序。 有关的书面资料。
	将 来	理想的工作流程是怎样的？ 是否有新的职责加入？若有，优先权如何？ 是否有书面资料？ 长短期的变化又怎样？
数 据	现 在	目前使用的各种数据的种类、内容及表达方式。 问题是什么？ 数据样本。 各种数据使用的频率、更新和维护的方式。 数据与各常规任务的关系。 数据在机构间的流通过程。 各类数据重要性程度如何？ 共享性如何？ 各类数据清单。
	将 来	数据的内容、种类和表达方式需要有哪些变化？ 是否有新的数据？若有，与各常规工作的关系怎样？ 是否有书面的材料或样本？ 各类数据清单。
专 业 人 员	现 在	日常的各种任务分别是由哪几个部门的哪些人来完成？ 人员的专业知识水平和对 GIS 的理解。 人员设置的缺陷如何？ 各类人员的联络方式。 技术人员共享性如何？
	将 来	是否会有人员的变动？ 是否专业水平能够有提高的潜力？对新技术的态度如何？ 专业人员对其日常工作的理想情况如何？

续表

类 别	状 态	问 题
系 统 软 件	现 在	现在各种在用的软件有哪些？分属哪些部门？ 目前设置的缺陷。 网络功能如何？ 共享性如何？ 软件清单及目前放置一览表。
	将 来	需要增减的软件可能是哪些？何时会发生？ 是否有资金来增减设施？ 对软件的倾向性怎样？ 理想软件清单。 软件的优先次序。 软件设置一览表（理想状况）。
系 统 硬 件	现 在	现行各种在用的硬件有哪些？分属哪些部门？ 目前设置的缺陷如何？ 网络功能如何？ 共享性如何？ 硬件清单和连接总图
	将 来	需要增减的硬件可能是哪些？何时会发生？ 是否有资金来实施增补？ 对硬件的倾向性怎样？ 硬件设置一览图。

3.2.3 调查内容的组织和分析

在花费了大量时间收集到各种信息以后，接下来需要做的工作则是信息的组织和分析，然后将组织分析的结果以某种方式表达出来。信息表达的方式通常有以下几种：

- (1) 现有机构的组织结构图
- (2) 现有机构的功能示意图
- (3) 现有机构的人员组织及功能示意图
- (4) 现有数据内容及来源清单
- (5) 现有数据及其功能参照表
- (6) 现有软硬设备关系图
- (7) 人员培训计划
- (8) GIS 的输出产品
- (9) 实施的进度计划

这里需要说明两点： 将来的计划模式常常不只是一种，很可能多达四五种，应该将这几种选择方案同时表达出来，并从技术和组织的角度分析其利弊，然后由用户自行决定采用哪种方案。 以上列举的各种报告内容可根据项目的复杂程度做相应的删简，有些部分甚至可以直接采用客户提供的资料。例如，现有机构的组织结构图。

各种分析的结果通常要写成报告，并提出改进的可行性方案。需求分析结果报告通常要包括以下几个部分。

(1) 机构运作的逻辑数据流程图

该流程图通常是集部门组织结构和功能于一体。除了各种主要数据处理过程以外，还包括数据的输入和输出，各功能的接口界面和数据转换。这种流程图一般要表达以下内容：

- 对于整个数据流程的每步过程，数据的输入是如何转换成数据的输出的；
- 每项处理均要用标号标明，并有部门的注明；
- 各主要处理均应当以任务的形式出现；
- 各主要处理的步骤应简单明了地注明。

在需求分析报告中，一般要有现有机构的运作和未来机构的动态流程图两种。下面使用的例子取自于加拿大艾伯塔省土地信息系统网络项目。因为该项目极为庞大，只是选用其测量部门的各类大地控制点数据的产生和维护的过程流程，其中 LSCRS 是该省现存的一个大地测量控制点文本数据库。图 3-1 和图 3-2 分别为 GIS 实施前后的逻辑数据流程图，可以从两个图中一目了然地比较出使用空间数据库（SDB，Spatial DataBase）以后整个过程的变化。

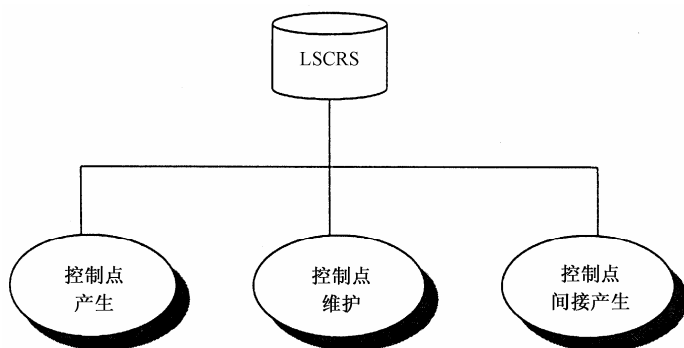


图 3-1 GIS 实施前的逻辑数据流程图

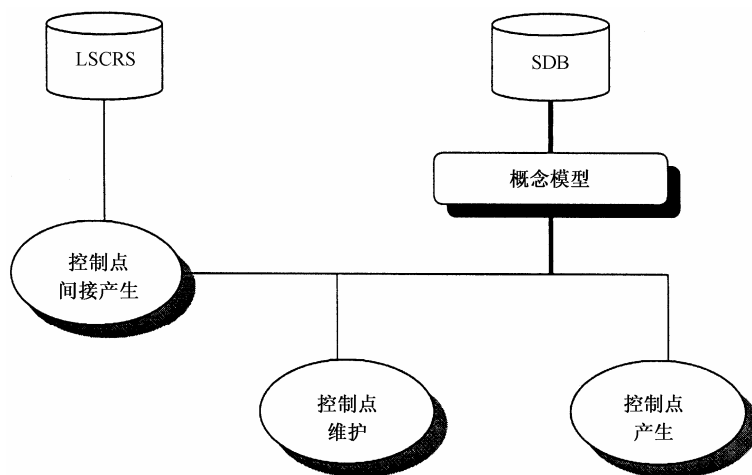


图 3-2 GIS 实施后的逻辑数据流程图

(2) GIS 功能加入后的各种产品

各类 GIS 产品通常可以包括地图、报表、文件、应用软件包、屏幕查询或是更新的数据

库等。该部分应描述得尽可能详细，这通常是用户，尤其是管理层的人士更关心的问题。如果可能的话，各个产品应该有一个样本，以便给用户以更感性的认识，这些样本应通过与有关部门人员讨论后决定。

(3) 硬件资源表

该表可列出现有的硬件资源清单。通常包括下列内容：硬件名称、操作系统、主要功能、所属部门、运行状况等。

(4) 软件资源表

软件资源表列出现有的或未来的软件资源清单。通常包括下列内容：软件名称、所属单位、操作平台、主要功能、参与的应用、运行状况等。

(5) 专业人员清单

该清单是机构内专业技术人员一览表。主要包括：人员名称、所属部门职务、主要职责范围、技术优势、经验层次、目前工资等。记录各专业人员的工资层次，对于了解专业技术人员的技术潜力以及对项目进行预测，均会起到重要的参考作用。

(6) 数据功能参照表

该表表示各类功能与各种数据之间的关系，样本见表 3-2。

表 3-2 数据功能参照表样本

功 能	总体 规划	地籍图	土地 利用图	土地 发展规划	街区图	交通 规划图	税务 数据库	火警站
土地利用规划	O		O	I			I	
交通规划						O		
火警服务								I
地籍管理		I/O						
税收		I					I/O	
城市规划			O					

注：表中 I 代表 Input，即输入；O 代表 Output，即输出。有时，某类数据可能既是某功能的输入，又是其输出，则用 I/O 表示。

数据功能参照表可以用来分析数据重要性的优先程度。只要功能的优先程度得以确定，那么从表中就很容易得知相应数据的优先程度。该表在制作过程中也应与有关部门进行交流讨论商定。

(7) 数据来源清单

数据来源清单列出一个机构内所有数据的来源、格式、目前完善程度等有关信息。样本见表 3-3。

从表中可以看到，同一类型的数据集可以使用同一主编号。例如，普查数据都用 3 为主编号，各不同地区用英文字母区分，这样可以使后续分析更简便。该表还可以提供有关哪些部门生产哪些数据的信息。

(8) 部门功能清单

部门功能清单列出所有参与的部门及它们的主要功能。通常，这些信息均可以从用户处获得，只要将所有获得的信息全部列出即可。表 3-4 是该清单的样本。

表 3-3 数据来源清单样本

编号	数据名称	部门来源	主要形式	数据格式	完整性	主要特征	主要属性	来源比例尺	数据量	地图投影	精度	元数据	备注
1	土地利用	土地利用	地图	Arc/Info	中等								需更新
2	等高线	基础部	航空相片	DXF	很好								
3A	普查北京	普查组	图表	DBF	很好								
3B	普查上海	普查组	图表	DBF	很好								
4	.....	.....	.....	.....	.....								

表 3-4 部门功能清单样本

部 门	联 络 人	联 络 信 息	下 属 部 门	主 要 任 务	日常责任范围
城 规	张 × ×		规 划	城市规划	.....
	刘 × ×		制 图	.....	.....
测 量	王 × ×		.....	.....	.....
.....					

3.3 概念化设计

数据库概念化设计是从抽象的角度来设计数据库。其内容包括：决定数据库的数据内容，选择适当的数据模型，各数据内容如何在库中组织并如何将设计的内容写成报告。概念化设计中还要考虑整个数据库的冗余度、一致性和完整性等。

通常，对 GIS 数据库的概念化设计包括以下几个部分：

- （1）数据库的宏观地理定义：主要指对数据库比例尺、地图投影和坐标系统的定义。
- （2）数据库的地理特征设计：对于各种地理特征在数据库中表达的几何形式进行设计。该部分的设计通常与数据的使用要求有关。
- （3）数据库表格及其关系的设计表达：对与地理特征有关的属性数据在数据库中表达方式的设计。
- （4）数据库总体设计的评定：根据数据库的应用目的和数据内容及使用方式来评价前面三步的设计结果，进行统筹的考量。
- （5）数据库概念模型的起草：将 GIS 数据库的概念设计起草成正式的文件，作为后面详细设计时的参考。

3.3.1 数据库的宏观地理定义

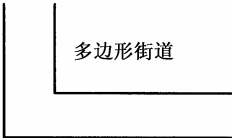
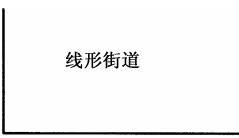
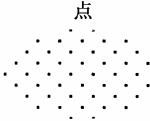
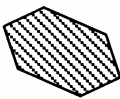
宏观地理定义通常包括以下三个内容：比例尺、地图投影和坐标系统，在第 2 章已做过简单阐述。

表 3-5 是常用地图投影的一个总结。表 3-6 是地图比例尺与投影的关系。根据投影特性和适应地区及通用范围的不同予以分类，但对于整个地图投影来说，有下列几个使用原则：

表 3-5 常用地图投影一览表

投 影	类 型	等 形	等面积	等距离	等方向角	透视型	兼顾型	等罗盘方向
全球	球面	全部	全部	全部	全部			
墨卡托	柱状	全部			部分			全部
横轴墨卡托	柱状	全部						
倾斜式墨卡托	柱状	全部						
星际倾斜式墨卡托	柱状	全部						
米尔特柱状	柱状							
鲁宾逊	伪柱状							
正弦等面积	伪柱状		全部	部分				
正射	正射方位				部分			
球极平面	正射方位	全部			部分			
兰勃特方位等面积	正射方位	全部			部分			
阿尔勃斯 等面积锥形	锥形			部分	部分			
兰勃特等形圆锥	锥形	全部	全部		部分			
等距离圆锥	锥形		全部					
多元圆锥	锥形							
双极倾斜等形圆锥	锥形	全部						

表 3-6 地图比例尺与投影的关系

同等幅面的地图		比 例 尺	
		大 (1:20 万)	小 (1:100 万)
在地球上覆盖的面积		小	大
位置精度		高	低
坐标系统		平面	球面更为适合
比例尺 (与地面的比较)		接近	相差很远
综合的程度		小	大
特 征 表 达	面形 (面)	面状 	点状 
	线形 (面)	 多边形街道	 线形街道
	点形 (面)	点 	多边形 

- (1) 任何地图投影均有变形。
 - (2) 等形投影保持小区域内形状不变, 但任何一种投影不能保证大范围内的形状不变。
 - (3) 等面积投影保持同比例的情况下面积不变。
 - (4) 等距离投影保持某种距离上不变, 但任何一种投影均不可能保持一幅地图上任何两点的距离均是不变的。
 - (5) 等方向投影保持地图上的方位角与真实方位角相同。
- 相对于投影和坐标系统选择, 建立数据库的一般原则主要包括下面几个方面:
- (1) 在经常需要投影变换而且覆盖面积较大的情况下, 应该使用地理坐标系统。
 - (2) 笛卡尔坐标系统对于小面积和有一个固定的坐标系时最为适合。
 - (3) 根据研究区的形状来选择变形最小的投影。
 - (4) 如果有地区标准的话, 应该使用地区标准。
 - (5) 如果研究区的面积很重要时, 可以考虑使用一种等面积的投影进行面积计算, 而数据在存储时可以使用另外一种投影。

3.3.2 数据库数据模型的确定

传统的数据库模型主要有三种: 网状、层状和关系型模型。近来随着面向对象技术的发展, 面向对象的数据库模型也应运而生。在 GIS 中, 一个数据库数据模型的选择是与 GIS 的软件分不开的。目前在国际市场上有一定地位的软件也有不少, 而且新秀也在不断地产生。西方市场上较流行的软件主要有美国 ESRI 的 Arc/Info, ArcView, Map Object, SODB, Intergraph 公司的 MGE, MapInfo 公司的 MapInfo, Clarke 大学的 IDRISI, 加拿大的 SPANS 和澳大利亚的 Genesys 等。国内的软件主要有武汉中地的 MapGIS, 武汉大学的 GeoStar, 北大遥感的 CityStar, 中科院的 SuperMap, 林科院的 WINGIS 等。其实各种软件均有其优势及弱点。在评价过程中, 与自己的使用目的相结合, 又兼顾全面及潜在用处即可。当今 GIS 市场正逐步向开放式系统的方向发展, 这种系统对软件的依赖将不会像以往那样强烈。

1. 数据库数据的组织

在确定数据库数据模型以后, 接下来便要数据的组织结构进行分析和决策。GIS 中数据组织结构的分析主要包括以下几个部分:

- (1) 数据分层
- (2) 数据在各层次上表达的形式及其格式
- (3) 各数据属性信息的内容

传统 GIS 中, 各种地理特征的数据集是用层的关系来表达的。例如, 对于一个林业管理方面的应用来说, 通常需要地形方面的信息 (如等高线、数字高程模型、坡度) 和专题方面的信息 (如河网、道路图、土壤类型、植被类型等)。这些信息在数据库中通常是以层的方式来表达的。数据分层的考虑因素主要有以下几个方面:

- (1) 数据具有同样的特性。也可以说是数据有相同的属性信息。
- (2) 比例尺的一致性。植被类型在不同年份的考察中可能有不同的结果, 而且考察的尺度范围也不同, 所以在通常情况下通常会以两种层来存储。
- (3) 该层数据会有同样的使用目的和方式。

- (4) 不同部门的数据通常应该放入不同的层，以便于维护。
- (5) 数据库中需要不同级别安全处理的数据也应该单独存储。
- (6) 数据库中的各类数据的更新可能使用各种不同的数据源。在分层中，使用不同数据源更新的数据也应分层进行存储，以便于更新。
- (7) 即使是同一类型的数据，有时其属性特征也不相同，所以也应该分层存储。

同一类型的数据可能会有不同的拓扑关系。例如，水系可能会既有线性的（河流），又有面状的（湖泊）。通常，只要没有软件的限制，这些不同拓扑类型的同类数据是不必分开存储的。然而，在 Arc / Info 数据模型中，却不允许点状信息和面状信息同时存储。

在各类数据全部分析完毕后，可以用一个大表来做一个小结。表 3-7 和表 3-8 便是这类例子。

表 3-7 数据库分层示意图

层	特殊拓扑类型	属 性 项	注 记 文 字
街区网络	线状	街名 地址的编号范围 街边类型	有
土壤类型	面状矢量	土壤类型 土壤子类	无
林业植被类型	面状矢量	植被复合类型 面积	无
数字地球模型	栅格	高程	无
坡度	栅格	坡度	无
坡向	栅格	坡向	无
水渠	线、面状矢量	长度、水渠各水量级别	有
流域	面状		
地区影像图	栅格	灰度	无

表 3-8 数据库分层组织

层	维 护 部 门	主要关键项	所 在 主 机	维 护 步 骤
街区网络				
土壤类型				
林业植被类型				
数字地形类型				
坡度				
坡向				
水渠				
流域				
地区影像图				

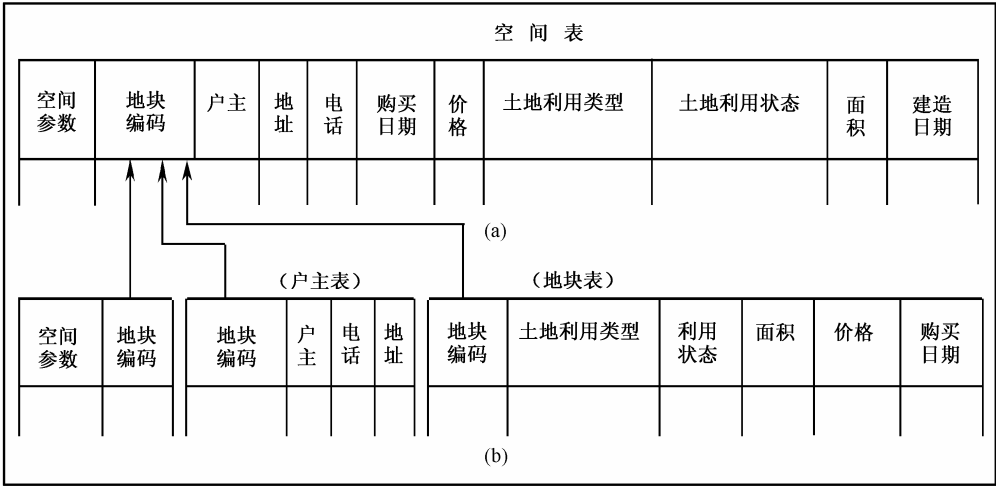
2 . 空间数据库中属性表与属性关系的设计

空间数据中属性表与属性关系的设计通常要分为下面五个步骤。

(1) 设计相互关联的表格

在关系数据库中，数据存储的文件单元是表，而表与表之间则维持着某种关系。在相互关联的两个表中均存在的某一项叫做关键项（Key）。使用关系表对一个数据库的设计是很关键的，因为它影响到整个数据库运作的行为和效果。地理数据库中的空间和属性数据之间的关系就是靠关键项来维持的，如表 3-9 所示。

表 3-9 数据库中关系表示意图



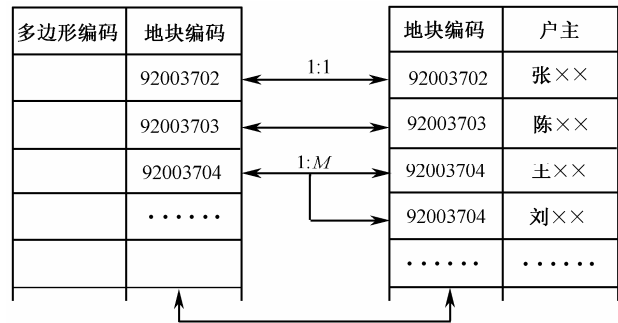
一个大的空间数据库通常将空间数据与属性数据分别存储。空间数据通常由各种 GIS 软件提供的数据库模型方式存储，而属性数据则使用 RDMS 存储，两者通过关键项进行连接。

关键项有两种，即主关键项和外部关键项。主关键项是用来定义存在性和惟一性的，即一个地理特征存在的话，主关键项将在该关系表中加入一个记录，而且只加入这一个记录，没有重复。通常在定义一个关键项时，它应该是个没有实际意义的项。例如，对于地籍数据来说，假设用地籍拥有者的名称做主关键项，那么当这个拥有者更换以后，表与表之间的关系便失去了，而使用地籍编码则能保证该地块在数据库中的惟一性。地块编码是人为赋予的不具有任何实际意义的项。一个地块一旦被划分，它的编码也就被确定了。一个好的关键项有以下特征：

- 惟一性：在每个表中，每个记录的关键项均必须是惟一的；
- 不变性：从来不会被更改；
- 纯粹性：不会有其他方面的信息；
- 不重复性：不会被重复使用，即某一个值被删除后，不会再被使用；
- 可获得性：需要时便可以拿到此信息（可以考虑自己产生）。

外部关键项是相对于主关键项而言的。主关键项通常存在于母表中，而外部关键项则存在于子表中。它是主关键项在子表中的一个副本，但它不要求具有惟一性。表 3-10 表示了主关键项与外部关键项的关系。地块 92003702 和 92003703 只有一个户主，92003704 则有两个户主。这种多于 1 个的对应关系称为一对多（用 1:M 表示）的关系。

表 3-10 主关键项和外部关键项的关系



(2) 空间数据库的均衡化 (Normalization)

将数据库中各关系表进行分解，使其变成更简单、更稳定的一套关系表的过程叫做数据库的均衡化。均衡化的目的是保持数据间更为恰当的相互依赖与独立的关系，减少数据库的冗余度，加强数据库的独立性和安全性。其好处主要表现在：对数据库的设计者而言，该过程可促使设计者更清楚地理解数据之间的各种关系；对整个数据库来讲，增强数据库的安全性、灵活性，使数据库的更新过程更直接简便，降低冗余度，减少硬盘存储空间，提高数据库的清晰度，减少数据的模糊性。

在关系数据库理论中，有五个层次的数据表均衡化过程，通常用“NF”来表示。例如，第一层的均衡化用“1NF”表示，第二层用“2NF”表示。不同层次的均衡化过程表达了数据库中表格关系设计的简单有效程度；均衡化程度越高，数据库的有效存储性也越高，数据库中各表之间的关系也越明显。例如，1NF的结果就是消除数据表中的重复记录，1NF的要求是关系表中的任何一个非关键项均要在功能上完全依赖于主关键项。如果一个主关键项是一个复合项的话，该关系表就违反了2NF。因为非关键项一般只能与该复合项中的某一部分而不是全部有依赖关系。3NF则要求任何一个属性项均不依赖于其他一个非关键项。

数据库的均衡化过程常常是一种直觉的分析过程，需要一定的经验。但该过程应该是任何一个数据库设计者必须掌握而且擅长的部分，只有这样才能设计出一个可用的数据库。有关这方面的内容，可以参考其他书籍。

(3) 使用实体—关系模型有助于关系表的规范化

实体—关系模型，即 E-R 模型，其英文为“Entity-Relation Model”，是用实体关系来表示数据的模型。它的一个主要用途便是可以清楚地表达实体间的关系。尤其在实体很多、关系很复杂的情况下，E-R 模型有助于清楚地理出其中的关系来。E-R 模型是一种从上到下的解决问题的方法，即：

- 首先要识别实体。
- 决定实体间的关系。实体间的关系主要是指一对一、一对多、多对一或多对多的关系。
- 决定各实体的关键项，如图 3-4 所示。

(4) 逻辑数据图

逻辑数据图是一种很有用的数据库逻辑设计的表达工具，它可以将设计者的关系表全部表达出来。图 3-5 是加拿大阿尔伯达省土地信息系统空间数据库的部分逻辑数据示意图的例子。该例子主要表达与地籍有关的空间及属性数据库的逻辑关系，其中空间数据包括点、

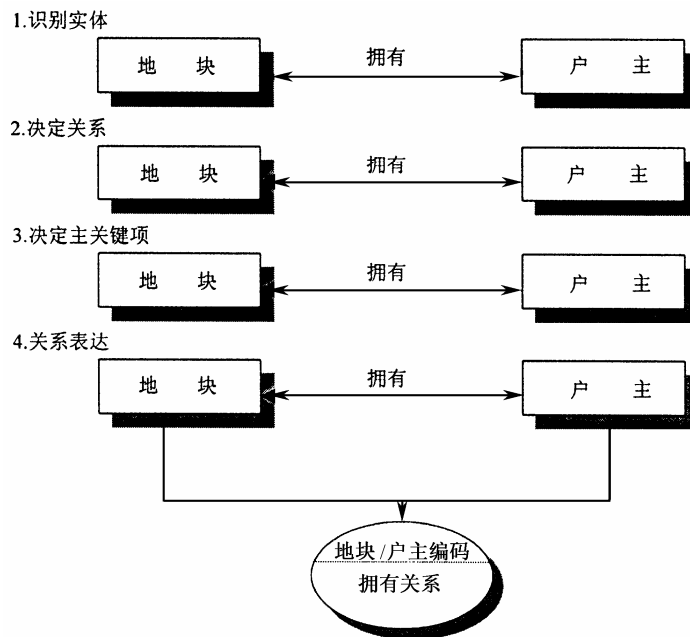


图 3-4 实体—关系模型过程示意图

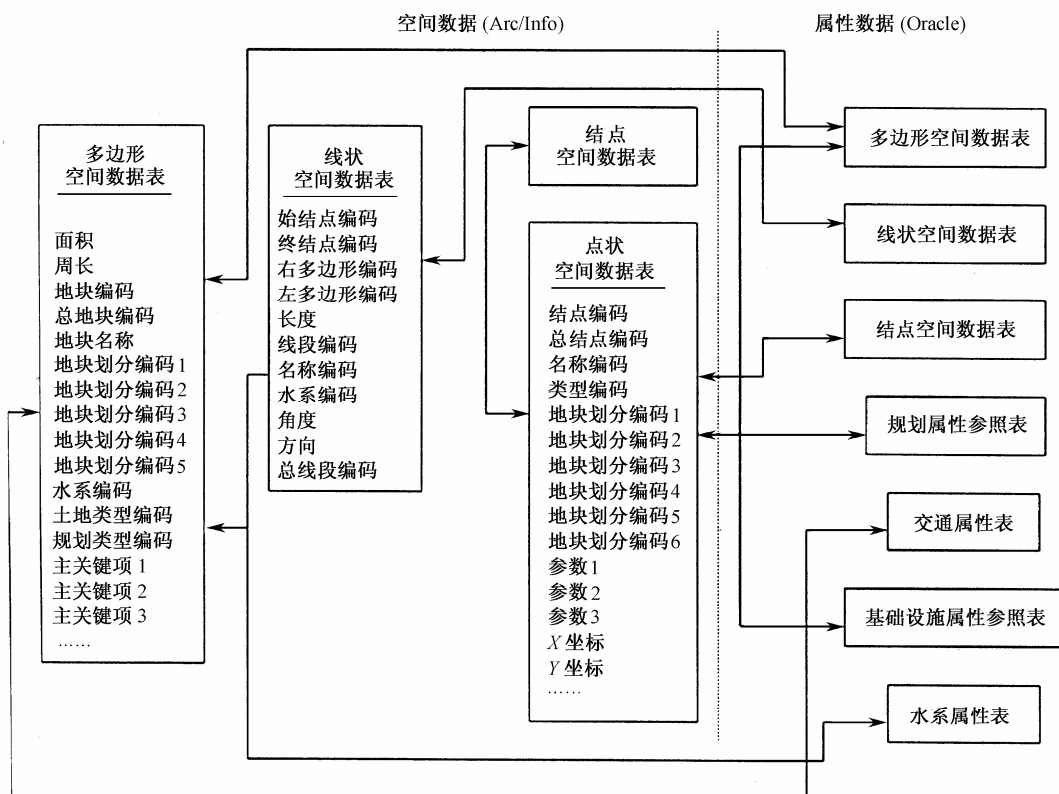


图 3-5 逻辑数据图举例

线和面三种类型。各种有关的道路特征在相应的空间数据表中都有代表它的编码。这些特征的属性数据则存储在 Oracle 关系数据库中。各种特征编码通常同时出现在空间表和属性表中，作为主关键项或外部关键项。

(5) 概念化设计的书面报告

在概念化设计接近尾声时，通常要求设计人员将整个设计规划起草成正式文件。这样，一来对最终用户提供正式文件，以便将来可以做为参考；二来也是再度检测数据库设计质量的一个环节。报告通常应该注意以下几个事项：

- 文件内容应该将所有的数据内容加以详细的概述。
- 对数据库的数据模型和内容加以描述，即分层和表格关系。
- 在能够使用图表的情况下尽量使用图表。
- 很多详细的内容可以放入附录之中，以保持文本主体的清晰。
- 假若时间允许，可以提供原型以便更清楚地表示整个设计的概念。

3.4 详细设计

GIS 数据库的详细设计主要包括五个方面的内容：

- 数据源的选择
- 各种数据集的评价
- 各数据集的设计
- 数据字典的产生
- 数据库具体存储和管理结构的设计

3.4.1 数据源的选择

一个实用 GIS 系统的开发，通常其数据库开发的造价就占整个系统造价的 70%~80%，所以数据库内数据源的选择对于整个系统来说显得尤为重要。

数据库中各类数据的来源很多，主要有以下几种：地图；航空相片；GPS 接收的数据；卫星相片；现有的各种电子数据文件；照片；各种记录性文件等。在第 2 章中已做过阐述。

3.4.2 各种数据的评价

数据的来源多种多样，内容丰富但质量可能参差不齐，是否可以拿来为我所用，则需要一个评价的过程。通常，数据的评价与该数据的使用目的及概念化的数据库设计有直接的关系。数据的评价主要从三个方面进行。

1. 数据一般状况评价

(1) 数据的目前状态：包括数据是否已有电子版，或是否有机构正在生产电子版数据。

(2) 数据是否是一种标准形式：主要指该类数据是否是在各政府机构或商业团体生产的数据的标准化之列。例如，分类的标准、属性的标准等，是否符合该数据库的要求、条件等。点、线、面形式是否与设计一致。

(3) 数据是否可以直接被 GIS 使用：通常，某些数据需要经过一定的处理以后才能与数据库中定义的数据相符合，这样可能会对整个数据库的实施带来影响。

(4) 数据的原始性：有些数据是由其他更原始的数据推导、综合而来。本书第 2 章介绍过第一手数据和第二手数据的概念，读者可以参考。这时，应该更注重使用更原始的数据，即第一手数据。

(5) 数据的可替代性：通常对一种所需要的数据来说，会有多种来源，有些容易获得，有些则较难；在决定使用哪一种时，应该将各种可能来源的数据均加以收集并仔细比较，再做定论。

(6) 数据与其他数据的一致性：覆盖的地区是否一致，比例尺是否相同；数据的地理控制点是否符合数据库的要求，在整个地区是否一致；投影是否与要求符合等。

假如一个数据的电子版已经存在，那么可以使用下列的评价原则：

(1) 数据格式：确定是否要进行数据转换。

(2) 拓扑关系：GIS 数据要求数据的特征之间要保持应有的拓扑关系。通常，CAD 来源的数据不具有所需要的拓扑关系。在数据转换过程中，相应地可能需要建立各种拓扑关系。

(3) 数据分辨率：对于栅格数据而言，数据的分辨率是指象元的大小。通常，象元的大小与其分辨率成反比，即象元尺寸越小，分辨率越高。而对于矢量数据而言，分辨率指其原始数字化资料的比例尺。原始资料的比例尺越大，分辨率也越高。分辨率是数据精度的一个重要标志。

(4) 数据覆盖面及一致性：是指该类数据是否能够覆盖整个的工作地区。若能，各不同地区的数据是否具有同样的数据质量并符合其他标准；若不能，是否能够找到相匹配的原始资料。

(5) 数据的可获得性：包括数据存储的媒介，适用的计算机平台和是否可以购买及免费提供。若可获得，那么什么时间能够拿到，从时间上是否与数据库实施的计划相符合。价格和维护的费用又如何。

(6) 样本数据：在数据评判过程中，如果能够有机会获得该数据的样本，会对数据的感性认识大大地提高。

(7) 自动化过程实施的考虑：通常现有的数字化数据并不完全符合某一数据库设计的要求，可能需要做不同程度的加工才能入库。假如这种加工过程能很容易地自动实现，那么该数据的价值则更高；否则的话，应该比较数据加工和重新数字化哪种更有效益。

(8) 数据的元数据信息是否完全：元数据是有关数据的重要信息，它的存在与否及质量直接影响到该数据的价值。

2. 数据空间特征的评价

数据空间特征的评价主要有以下几点：

(1) 空间特征的表达方式：例如，城市既可以作为点，又可以作为多边形。地形数据既可以是等高线式的矢量表达方式，又可以是栅格的数字高程模型。因此，要比较各种特征是否符合特定的要求。

(2) 空间特征的连续性和闭合性：在数字形式的 CAD 数据中，很多线性特征的表达是不连续的。例如，铁路线的表达，有些面状的地理特征是不封闭的。因此，空间特征的连续

性和封闭性应该加以考察。对于不连续、不闭合的情况，需要自动或半自动地进行处理，以保证各个特征的连续性和闭合性。

(3) 表示规则的比较：在对同一类型的地理特征进行表示时，不同数据集可能使用不同的规则。例如，对于河流信息，有些是用双线表示，有些则只有单线；对于油井信息，有些是用多个点聚集表达，有些则是用多个多边形表达其覆盖的范围。在进行数据库详细设计过程中，对各种不同的表达方式要根据应用目的加以斟酌处理。

(4) 空间数据地理控制信息的比较：不同数据集使用不同类型的大地控制系统。通常可能有：使用 GPS 点；使用大地控制测量点；人为划分的地理位置点，例如图幅角点等；道路等线性特征的交叉点。不同的方法代表不同的精度，在详细设计过程中，控制点和精度的比较和评价是重要的一环。

(5) 空间地理数据的系列性：在空间数据收集过程中，经常会遇到这种情况，即不同地区的同一类型数据比例尺不同，或覆盖有交叉重叠。在这种情况下，需要解决不同地区的信息的衔接问题。边界匹配有可能会出现问题，各类问题均可能要求设计者做各种决策。这种决策又经常是按主观经验而定，不仅要考虑到整个数据库的质量，又要兼顾实施的难易。

(6) 分类方法的比较和评价：不同数据集对同一类型的数据通常使用不同的分类方法。例如，同样是道路，不同的生产厂家会根据其要求进行级别分类。有时，两种数据的这种差异，不论是从空间图形的角度，还是从属性信息的角度，都可能会大到几乎无法匹配的地步，因此分类方法是详细设计过程中应该引起重视的一项内容。即使同一种分类方法，随着时间的迁移，也会有不同的变化。

(7) 地理参考系统的一致性：同一地区、不同地理特征的地理参考系统，可能会由于比例尺、原始信息、年代的不同而出现不匹配的效应。例如，一个流域的山谷脊线应与一个地区的等高线走向一致。当一个河流又是行政边界时，它将会出现在水系层和行政边界层上，但若两者的地理参考不匹配的话，则会产生出很多冗余信息。这种冗余信息在真正数据库中应该去除。消除冗余信息通常有以下五种办法：选择其中更为精确的信息取代另外一层的信息；根据冗余面积的大小，设定一个域值来消除（自动的方法）；在数字化过程中，自动地消除冗余多边形（可半自动，或全自动）；在地图数字化之前，便将冗余多边形消除；使用拉伸法，在差异很大的时候，这种方法会有效。

3. 数据属性特征的评价

主要包括下面四个方面：

(1) 属性的存在性：很多空间数据并不具有属性数据或不直接拥有所需要的属性数据。在详细设计过程中，对各数据层均要评价其属性数据的存在性。

(2) 属性数据与空间位置的匹配：很多属性数据以表格报告的方式存在，而没有图形信息与其直接匹配，所以有时需要使用编码的方法将属性数据的位置数据自动或半自动地产生出来。

(3) 属性数据的编码系统：不同来源的同一类数据的编码系统常常不同，需要加以比较，并根据应用的要求来裁定使用哪种。有时也可能要求结合起来使用。

(4) 属性数据的现势性：各类属性数据随着时间的变化会有所变化。在数据库详细设计过程中，对每层数据的属性数据的现势性应加以严格地考虑，以保持整个数据库的现势性。

3.4.3 空间数据层的设计

在对各数据层的原始资料或现有数据的收集、评价及选择完成以后，接下来的工作便是各数据层在数据库中的组织和对其各相关表格的设计。这一步是将整个概念化设计转化成最终的详细设计的过程。

(1) 属性数据类型的设计

属性数据的类型很多，如字符型、日期型、整型、实型、二元整型、大型二元数据对象（BLOB，Binary Large Object）等。根据所选 GIS 软件的不同，可能还会有所差异。除了类型以外，还要定义其输出的宽度，该项也与各类软件有关。

(2) 编码标准的设计

GIS 数据库详细设计的一个很重要的部分便是编码标准的设计。长期以来，人们在开发各自目的的数据库过程中，均根据各自的要求进行编码，不同人的设计会有不同的编码。即使对同一个设计者，在不同时期也可能使用不同的编码方式。这样的结果使得各自开发的数据库不能够与其他的机构实行共享，甚至与自己的数据库也不能共享。目前，各国正大力推行使用国际标准编码。

3.4.4 数据字典

数据字典是对整个空间数据库的总体和详细的小结，可把它视为一个 GIS 数据库的蓝图，它可以帮助用户理解整个数据库的组织 and 内容，以便更好地使用数据库。数据字典应该是一个动态的文件，应随着数据库开发的不断深入和维护过程中的不断修正而进行不断的更新。为了使用方便，数据字典应该有在线（On-line）版本，这种在线版本可以一举两得，既方便用户的使用，也方便数据维护者的更新。

一个好的数据字典也是一个数据标准规范，可以使数据库的开发者依此来实施数据库的建设、维护和更新，从而减低数据库的冗余度，增强整个数据库的完整性。从用户的角度，它可以告知用户什么数据已经存在，告知数据库开发者在开发数据各层中的数据格式、定义及表格格局结构，并可以帮助开发和使用应用程序。

1. 数据字典的内容

数据字典的内容包括：数据库的总体组织结构；数据库总体设计的框架；各数据层的详细内容定义及结构；数据命名的定义；无数据内容等。

其中，数据库总体设计的框架部分主要包括：数据来源、整体命名方法、各特征的最大最小范围、有效值、地图投影、图幅匹配及精度、线与多边形的拓扑关系及连续性、封闭性、质量控制的过程和内容、数据的各种文件、表格等。

数据字典中各数据层的详细内容定义及结构部分主要包括以下几个方面：

- 标题类信息：名称、类型、数据质量；
- 各层的有关文件、表、各表的项及各项的定义、有效值范围等；
- 地理参考方面要求满足的情况；
- 其他便于说明和理解的文字或图表等；
- 各层空间及属性的质量控制规范；

- 各层编号系统与其他各标准编号系统的关系；
- 各层数据的使用与各应用类型的关系等。

2．数据文件的命名方法

一个数据不外乎有内容、所接受的操作、被使用同一类型操作的次序先后等，这些信息有时是可以在命名中反映出来的。例如，图 3-6 便是这种方法的一个实例。当看到 SO01DG 的文件名时，操作者便能够了解该数据文件的有关信息，即该数据文件是土壤数据，是第一次数字化的文件。例如，在使用 Arc/Info GIS 软件时，常用的操作如表 3-11 所示。

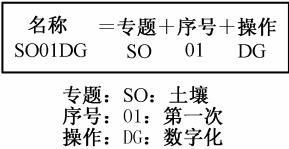


图 3-6 数据文件命名举例

表 3-11 GIS 主要操作和名称缩写

操 作	缩 写	操 作	缩 写
编辑，清除错误 (Clean)	-C	差 (Intersect)	-IT
制图 (Mapping)	-M/Map	交 (Identify)	-ID
产生缓冲区 (Buffering)	-BUF	选取 (Reselect)	-RS/Res
产生注记 (Annotation)	-ANO	裁剪 (Clipping)	-CL/CLP
并 (Union)	-UN	三角形不规则网 (TIN)	-T/TIN
栅格数据 (Grid)	-G/GRD		

上述命名方式多用于在进行操作中的数据，而在数据库中存储的最终各层还应以其自然名称使用。

3．数据字典的元数据内容

元数据是有关数据的数据。它是对一个数据集的内容、质量条件及操作过程等的描述。在美国，目前元数据内容已被联邦政府的地理数据委员会 (FDGC) 规范化，并要求所有政府部门实施这个标准。不仅政府部门已经普遍地在使用这一标准，私营商业及学术机构也一并效法，使整个社会均使用统一的标准。

3.4.5 存储管理结构的设计

在设计存储管理结构时，应注意以下几个因素。

1．数据的精度

数据的精度是数据库的一个基本设计内容，应该在设计的过程中，根据数据库的使用要求对整个数据库制订一个精度标准。

精度是描述在一个给定的错误区限内可以找到特定的地理特征的能力。对一个数据库来

说，有三个事实是每一个设计者必须明白的：

- (1) 一个数据库的精度不会因为采用自动化的数据采集过程而使其增高。
- (2) 经数字化过的地理数据特征，其精度不会高于其原始地图。
- (3) 数据库总体精度是最低精度部分的数据的精度。

2. 关系式数据库管理系统 (RDBMS) 对属性信息存储软件的选择

对于大型地理数据库而言，其属性信息很庞大，需要有强有力的 RDBMS 系统来进行管理和查询。其优势主要有：

(1) 单独对属性信息的存储，可以使整个数据库的独立性提高。属性数据库可以单独地进行使用、维护和管理。

(2) 可以充分利用 DBMS 系统的各种高级功能。

(3) 属性数据库部分可以与其他 GIS 软件的空间数据部分相结合使用，不受开发软件的限制。目前市场上的各种 GIS 软件均与 RDBMS 相连接，因而可以单独存储属性数据。

通常，人们将空间数据部分存储在 GIS 软件系统中，而属性库则放在商用 RDBMS 中。目前在北美较流行的 RDBMS 有：Oracle，Sybase，Informix，SQL Server 等。

3. 空间数据库的管理

空间数据库的管理包括以下几个方面：

(1) 数据使用权限的设置

从数据库安全角度着想，各数据层均要由数据库管理员 (DBA, Data Base Administrator) 来设置用户权限。这种设置通常是允许读或写的。

(2) 数据库更新过程中的质量控制和安全性考虑

在更新一个数据层时，除了要拥有可写性的权限外，还要有维护整个数据库的一些原则。这种原则可以是关于整个数据库的，例如，投影类型、大地坐标参照系统类型等；也可以是针对单一数据层的。在进行维护更新时，需要同时考虑属性和空间数据间的相互关系。例如，空间数据修改后，可能相应的属性信息也要做相应的变动；在更新时首先应该将该数据层锁住，以免其他有权限的用户做类似的处理。目前，国际上通用的 GIS 软件系统均有类似的功能。

(3) 数据库的恢复能力

许多商业数据库管理系统均提供重新运行 (Roll-back) 的功能。该功能允许数据库能够回到某一状态，忽略某一时间以后的各种修改。因此重新运行功能是评价数据库功能强弱的因素之一。

(4) 合理管理单元的设定

空间数据是有地域差别的。一个数据库所覆盖的面积可能会很大，在管理和维护中可能会只需要很小的一部分。因此，为了管理和维护的方便，有些 GIS 软件将数据库的地理区域按某种方式划分成更小的单元。在管理单元设定时，应主要考虑下面三个因素：该单元是相对较稳定的；该单元所覆盖的各地区的地理特征相差不多；该单元在管理和维护中划分得较合理，使很重要的地理特征不至于划分在不同的单元之中。

(5) 数据库系统的网络连接

计算机网络是一种分布式处理设施。一旦网络建立以后，一方面它的资源可以不断地增加，处理应用的能力也相应地不断增大；另一方面它允许不同的用户能够共同分享和使用某些资源。

数据库设计过程中使用网络技术应考虑：整个系统的可扩充性；整个系统的增长性；避免任一部分负载过重；数据与其用户尽量存储在同一个网络（子网络）上，以减少网络的流量；优化传输路径；设备名的相关性。

3.5 实施规划

一个 GIS 数据库的概念化设计和详细设计完成以后，接下来不是马上实施，而是要根据数据库的详细设计来制订自动化或半自动化的实施规划。实施规划的主要目的是：

建立数据自动化处理方法。

实施质量控制的原则标准。

建立一个实施进度和预算评估的跟踪系统。

将整个实施规划与整个地理信息系统的实现结合起来。

在数据库自动化规划实施时可有下列几项考虑。

（1）分阶段的实施计划

对于一个较大型的数据库，数据层的开发过程可以分阶段进行。根据数据原始资料的可获得性和各数据层的主次关系分阶段开发，将整个计划以一个表格的方式表达出来，使之一目了然。

（2）自动化方法的设计

在数据库实施过程中需要实现的自动化过程可能是以下几种：

- 数据原始资料的采集：例如，GPS 数据的采集和摄影测量数据的采集。
- 数据的数字化过程：图形数据的数字化和属性数据的输入等。
- 数据的转换过程：现存的数据格式转换成数据库所需要的格式和定义。

3.5.1 数据采集过程的自动化设计

（1）主要的数据采集方法

主要有三种：GPS 方法，摄影测量方法和测量法。

（2）空间数据的数字化过程

数字化方法通常有两种：矢量数据的矢量跟踪；使用扫描方式，然后转换成矢量的形式。

（3）属性数据的自动化处理

属性数据的数字化通常有四种方法：键入法；使用光学的字符识别技术；在数字化或矢量化过程中赋值；人工编辑。人工编辑法是使用一些分析方法进行自动赋值，如利用计算曲线的已知值来给相间的首曲线进行内插赋值。

3.5.2 数据库的质量控制

GIS 数据库的质量控制通常包括空间数据和属性数据的质量检测。

（1）空间数据质量控制

其内容主要包括：

- a) 空间位置的几何精度；
- b) 空间地理特征的完整性，是否所有的内容均需数字化；
- c) 空间特征表达的完整性，如指面状的特征是否以面状的多边形进行表达；
- d) 空间数据的拓扑关系；
- e) 空间数据的地理参考系统是否正确，是否满足整个数据库使用的最低要求；
- f) 空间数据所使用的大地制点的正确与否；
- g) 边界匹配如何。

(2) 属性数据质量控制

其内容主要包括：

- a) 属性表的定义是否符合数据库的设计；
- b) 主关键项的定义和惟一性怎样；
- c) 各项的值是否在有效范围以内；
- d) 各属性表的外部关键项是否正确；
- e) 关系表之间的关系表达得是否正确；
- f) 各数据项的完整性。

(3) 常用的质量控制方法

表 3-12 是两种质量控制（QC，Quality Control）方法比较。

表 3-12 两种质量控制方法比较

项 目	图件	有效值	频率	包含	统计	匹配检查	程序	报告检查
空 间	a)	x						
	b)	x						
	c)	x						
	d)						x	x
	e)							x
	f)	x						
属 性	a)					x	x	
	b)			x				x
	c)	x		x	x			
	d)						x	x
	e)							x
	f)	x		x	x		x	

注：x 表示数据质量控制的适用方法。

表中的字母分别对应于上面提到的各种空间和属性质量控制方法。图件方法是空间和属性数据以制图的方式表达出来。这些图可以使用与原始图一致的比例尺和注记、符号等，绘制在透明纸上，然后与原始图件进行重叠比较。图件法使用很多很广，是检查空间数据位置精度的有效方法。图件法是一种人工检查的方法，费时费力。除此之外，还有许多其他的使用程序的自动质量检查方法。有效值法通常用于属性数据的有效值检查。例如，如果属性

数据是电压的话，它的有效值通常应该是 200V，110V，6V，9V，12V 等；如果属性数据是土地利用，那么有效值只可能是林业、牧业、水系、居住用地、道路等。频率方法主要用于主关键项、外部关键项等的检查。如果一个表中某一项的值都要求是惟一的时，频率法是最有效的检查方法。

常用的统计方法有均值、方差、最大值、最小值、中值等，这些方法用来检查属性数据的内容。包含法用来检查数据项的值是否在一定的范围内，它与有效值方法类似，两者的区别在于它通常用来检查连续性的数据，而有效值方法主要用来检查离散型数据。

数据表的定义是否正确，是否符合数据库设计的要求，可以使用匹配法来检查。匹配法将标准的数据表定义与实际的数据表定义写成同一种数据格式，如文本数据格式；然后使用程序，如 UNIX 的 Shell 来进行比较。该方法是数据库结构检查的常用方法。程序法通常是一种很灵活的质量检测方法，它可以或多或少地被应用于任何一类质量检查。它要求实施者会使用某一种或多种程序语言。最后一种方法即报告法，通常用于给用户提供的质量检查报告中，该报告可以根据各不同项目的具体要求而定。

目前，各种商业的 GIS 软件均提供一些基本的 QC 功能，使用户可以根据自己的要求进行裁剪或二次开发。这种 QC 方面的工具可以以一种标准的方式制订出来，便于对整个数据库进行自动检测。

3.5.3 开发进度的监测

当被开发的数据库很大时，常常需要多人参与开发，如何监测整个开发进度便是一个很重要的环节。常用的与数据开发有关的两种监测方法是进度表法和区域图表法。

(1) 进度表法

进度表法(如表 3-13 所示)是将各进度的步骤详细列出，制订出每步骤的起始和终止日期。这种方法可以从表中一览整个数据库开发的进度安排。

表 3-13 进度表法示例

图幅	预 处 理		数 字 化		属 性 数 字 化		制 图		Q C		拼 接		Q C		.....	
日期	起	终	起	终	起	终	起	终	起	终	起	终	起	终	起	终
1	6	6	6	6												
	1	6	6	16												
2																
3																

(2) 区域图表法

区域图表法是目前较流行的一种数据库开发进度监测办法，它是将整个的工作区按格网分成小区后，以各小区作为工作的基本单元来安排进度(如图 3-7 所示)。对于整个过程的各个阶段使用不同的图案来表达，这样整个数据库开发实施的目前状况便一目了然，而且可以通过对方格的数量占总方格的百分比来计算出整个项目的完成状况。

与进度表法相比，该方法更适用于数据库开始实施以后对进度完成状况的监督，而前者则更适用于对进度的计划。两者若同时使用，便可相辅相成、相得益彰。

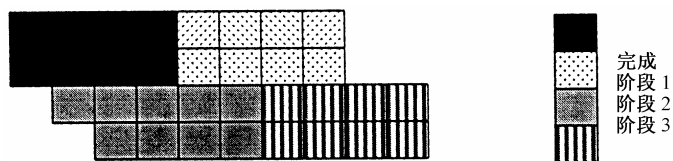


图 3-7 区域图表法例子

除此以外，在整个自动化实施过程中，有必要对下面几个方面加以注意：

- 每个层的自动化方案和实施的细节过程图
- 人员需求和分配
- 人员的发展和评价
- 硬设和软件等系统方面的准备
- 开发的时间和经费的预算
- 管理方面的要求等

3.6 试点项目

在整个 GIS 系统开发设计完成以后，接下来的工作便是开始动手做了。在进行大量生产作业之前，有必要先选择一个小的样区来做一个试点。本节介绍 GIS 试点项目的过程和注意事项。

1. 试点项目的主要目的

试点项目的主要目的有三个：

- (1) 测试数据库设计的合理性。包括其功能是否全面、行为是否能够满足需要、灵活性是否合理等。
- (2) 测试自动化部分的有效性。包括其过程步骤设计是否有效、时间和价格的预算是否合理、系统的运行是否有效、软硬件设备的支持性是否满足要求。
- (3) 测试产品的合格性。包括地图、报告和各種数据产品是否满足要求。

2. 试点项目实施的主要过程

试点项目实施的主要过程如下。

(1) 定义试点项目的范围

试点项目范围的定义是试点项目实施的关键一环。试点的选择既要反映出典型的地区，又要反映出典型的过程，而且要兼顾现实的考虑，希望做到以点代面。但试点毕竟是试点，它不可能完全反映整个地区和整个过程。一个考虑因素是按时间的限度来决定试点范围。

试点范围的第一考虑是样区的选择。样区的选择应当考虑以下几个方面：

样区应当很小，在试点项目结束以后放弃也不会对整个项目有多少影响。因为常常在试点项目以后，整个数据库设计和实施计划均要做或多或少的修改，这样试点项目的结果常常是不用来作为真正项目的一部分。

试点样区能代表典型的地域特征和实施过程，包括复杂程度和数据多样性。

试点样区应该是整个项目的某一个关键区域。应是目前最感兴趣地区之一，也是数据较齐全的地区之一。

试点项目的样区选定以后，下面便是决定样区数据内容。一个数据库，无论大小，它的数据层均会有主次、轻重之分。若有可能，试点项目应该尽量将所有的数据均进行实施；但若因为时间、数据资料或财政方面的限制，不能将所有数据全部实施的话，则应该按其主次关系，将主要数据层包括在试点项目中。

在样区与数据都确定以后，为了测试数据库是否符合各类功能的要求，需要对其做些功能测试，这些功能可以包括显示、更新、覆盖、叠加、产生缓冲区等。这些都应该在试点项目的范围中做出决定。

(2) 决定人员及速度安排

人员分工和速度安排是保证试点项目能够顺利完成的重要因素。通常在做人员安排时，骨干技术人员应优先考虑使用。整个试点项目也需要根据实施方案进行步骤细化，对各步骤均应统筹考虑。

(3) 试点项目的展示和验收

试点项目在完成以后，有必要将其产品和结果展示给数据库的用户。在展示以前，可以将数据库的有关功能、测试的过程和结果以书面形式记录下来，并分发给各主要用户和有关人员，征求他们的意见。展示过程应当是双向交流过程，既是数据库开发者对用户要求的理解的测试，是对数据库设计与开发的技术检验；也是用户进一步了解和理解 GIS 和 GIS 数据库的机会，所以双方都应当给予足够的重视。

(4) 根据试点项目的结果对数据库设计和实施计划进行修改

通常，试点项目在展示和验收以后，会得到很多用户对整个数据库的修改意见，这些修改意见对已经设计好的数据库都会或多或少地产生影响，因此必须根据用户的修改意见，对数据库的概念设计、数据库的详细设计、实施规划进行一定的修改。修改后的方案应当以书面形式正式起草，以备后用。

(5) 正式数据库实施的开始

数据库的概念设计和详细设计修改以后，便可以开始正式地进行数据库实施了。实施的过程，应当以实施计划为指南，尽量按照计划进行实施。但是再好的计划也是不可能完全准确的，在实施过程中常常需要对实施计划做或多或少的改动。任何方面的改动都应当以书面形式备案，做到有案可查。

3.7 数据库设计实例

3.7.1 合肥市防震减灾地理信息数据库设计

安徽省地理信息中心吴华章等利用 GIS 技术建立了一整套震害预测计算机信息管理系统，对可能出现的震害进行科学预测，发现调查区域建筑物和构筑物抗震性能的薄弱环节，据此制订适合合肥市的抗震对策和减灾防灾规划。防震减灾地理信息数据库子系统作为整个系统的支撑，是系统中最重要的工作，其设计过程和数据库内容决定整个系统的科学性、完整性、可靠性和真实性

1. 数据库设计

城市防震减灾地理信息数据库设计是从防震减灾的角度出发,研究并构造数据库的过程。其涉及的数据类型非常广泛,数据源主要包括基础地理、地震地质、文本、图片、声音、视频等方面的数据。合肥市防震减灾数据库系统选用了 Arc/Info 作为 GIS 软件平台,数据库设计充分考虑了项目目标的需要,将项目所需要的相关数据全部纳入数据库中;并考虑到数据的时效性、准确性,数据的可修改和更新等,构建了以 Arc/Info 的 Coverage 图层为主的数据库。其设计过程如下:

(1) 研究区域边界的划分

数据库设计应尽可能地考虑到将来的应用需求,以提高数据库的应变能力,避免应用过程中对数据库做太大或太多的修改。城市防震减灾的研究区域主要集中在城市及周边地区,如合肥示范区分为 4 个层次: 中国及华东地区行政区; 安徽省行政区; 合肥市行政区,作为项目的基础研究范围; 合肥市中心市区,作为项目中震害预测的重点研究范围。

(2) 确定主要数据层

根据城市防震减灾的目标要求,对项目涉及的基础地理数据、地震地质数据等,分别确定所需的各个数据层。例如,针对合肥市综合信息图,将其分为合肥市主要道路数据层、水系数据层、建筑物数据层等。

(3) 确定每一数据层的特征类型

Arc/Info 将空间对象划分为点(Point)、线(Line)和多边形(Polygon)。对不同的数据层要确定不同的空间特征,如建筑物为多边形特征、地名为点特征、道路为线特征等。

(4) 确定赋予图面对象的属性信息

根据项目的需要,确定描述图面对象的属性信息,建立属性数据库,并通过编码与对象保持关联。对于可以在图上得到的信息,如合肥市 1:10 000 图中的主要道路的名称,直接读出并录入。对于图上不能直接得到的信息,如合肥中市区 1:1 000 图中每一建筑物的名称、高度、面积、用途、易损性等,道路图层上路面宽度、路面性质等信息,根据另行调查分析的数据,手工录入或将现有的数据转换成可用的格式。

2. 数据库内容

城市防震减灾数据库系统的结构和内容是由设计思想和研究目标所确定的。合肥市防震减灾示范区项目采用的是关系数据库结构,将属性数据和空间数据分别存储。就数据结构而言,对属性数据采用关系模型,对空间数据采用拓扑数据模型,数据格式为矢量数据,均为 Arc/Info 的 Coverage 图层,这些图层进行拓扑并通过编码和属性库关联。具体为:

(1) 空间数据

合肥市防震减灾示范区项目以合肥市 1:10 000 地图作为基础地形信息,其中含有道路、河流(湖泊)、避震疏散场地、重要单位及其名称等内容。为了给地震危险性分析和震害预测提供详尽的地形及相关信息,在合肥市人口密集的中心市区,采用了 1:1 000 基础地形图,其中包含 7 类单体建筑物结构易损性调查及分析等属性数据。与防震减灾有关的生命管线图件,如供水系统,电力系统,燃气系统,通信系统,交通系统等,以独立的图层存放,可叠加于合肥市 1:10 000 地形图中。行政边界包括安徽省各地市、县市及合肥市各区、街道等各

级行政边界,以独立的图层存放,可用于多边形叠加及面状范围内各种专业信息的查询、统计。其他点状相关信息:指用于在基础地形图上叠加的医院、危险源、重要党政领导机关、消防站等各类重要信息。

(2) 地震及地质数据

用于震害预测和地震危险性分析的历史地震等震线图 and 地震构造与环境分析图件等地震及地质数据。

(3) 文本数据

国家、省、市政府和有关部门制订的与防震减灾有关的法规、文件、领导讲话以及城市情况介绍等,构成文本数据库的重要内容。这些数据均可用办公软件完成。

(4) 图片、影像数据

介绍城市面貌的图片、视频、录像带等资料,是数据库中数据的另一类型。

3. 建立地理信息数据库的工作流程

地理信息数据包括空间数据和属性数据两部分。其中,空间数据是指描述图面上有关空间对象的形态及位置的数据,如点的位置坐标、线的坐标数据列等,空间对象通常称为空间特征;而属性数据是指描述空间特征的有关数据,如果图面上的多边形代表建筑物,则建筑物名称、用途、高度等数据就是属性数据。根据地理信息的特点,在数据输入时,采用了空间信息和属性信息分别输入,最后关联的方法。其工作的主要环节包括:空间数据的数字化采集、属性数据输入、数据格式转换与处理、数据核对与校验、数据关联等。其基本工作流程参见图 3-8。

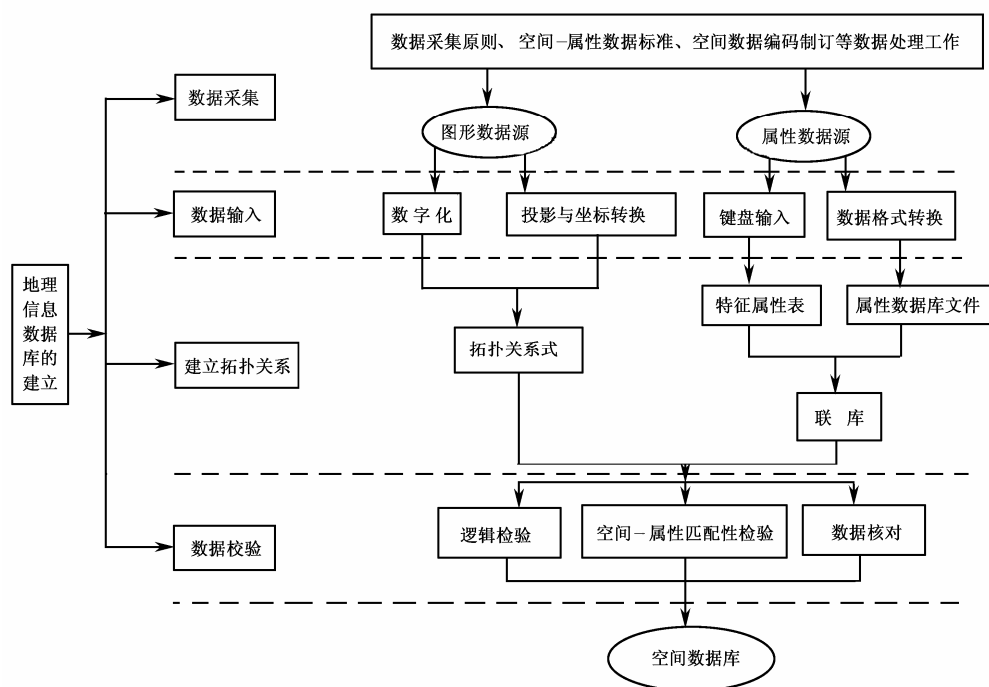


图 3-8 地理信息数据库建库工作流程图

4. 建库技术要点

在地理信息数据库建库过程中，最重要的有以下几点：

(1) 数据规范的建立

在合肥市防震减灾项目中，建立的数据标准主要有：信息分类和编码规则、数据库命名规范、数据采集规范、数据记录格式和图层自述文件格式、数据字典等。

(2) 空间图层数字化采样前的技术处理

在数字化录入前，必须对底图进行一些技术准备，主要包括：确定图层特征及数字化次序、制作接图表、创建底图、坐标及投影转换等。

(3) 数据的质量控制

空间数据质量主要取决于形成的空间数据的误差大小。空间数据误差的产生主要来自于源误差和处理误差两方面：源误差是指数据收集和录入过程中产生的误差；处理误差是指数据投入使用后产生的，如比例尺变换、投影变换及图形编辑过程中产生的误差。其中源误差远远大于处理误差。在实际应用中可采取以下几种措施来控制数据质量。

数字化底图时，尽量选取和采用大比例尺图件。

同一个区域的所有图层都采用相同的控制点，且使均方根误差控制在 0.003 以下，否则就重新确定控制点。

所有图层都采用相同的投影方式和投影参数。

在数字化前设定误差限，包括结点容限值 (Snap Distance)、编辑容限值 (Edit Distance) 和圆滑容限值 (Tolerance) 等。属性数据质量：属性数据的核对与检验主要集中于数据的合法性和正确性上。空间数据与属性数据的匹配性：根据特征编码的惟一性，进行空间数据和属性数据匹配性校验，可以发现空间数据漏采或属性数据缺失等无法匹配的错误。

5. 数据的更新与管理

任何一个数据库的建立，数据的更新和管理都是非常重要的。在合肥示范区项目中，主要是用现场调查和全球定位系统 (GPS) 实测等手段来采集和更新数据。随着城市建设的日新月异，所收集到的地理底图很难反映城市的最新面貌。运用 GPS 测量有关道路以及沿路的重要单位、建 (构) 筑物等，及时补充新的数据，确保所建的地理信息数据库能正确反映城市现状。

3.7.2 基于 GIS，ES 的凉山州土壤数据库设计与实现

四川农业大学吴玺等利用 GIS 对图形数据强大的管理和分析功能，ES 基于模型和知识的推理功能，结合关系型数据库对属性数据的管理功能，利用实体—联系 (E-R) 模型设计了实用性强、用户广、操作简便、功能强大的土壤数据库。

1. 凉山州土壤数据库的用户模型

为了使凉山州土壤数据库具有较强的实用性，首先进行了凉山州土壤数据库用户调查，明确了不同用户对土壤数据的不同需求，据此提出了凉山州土壤数据库的用户模型：凉山州土壤数据库是一个典型的面向多层次用户的技术系统。它主要面向四个层次的用户，如图 3-9

所示。

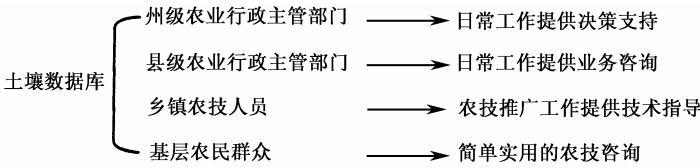


图 3-9 数据库用户模型

2. 凉山州土壤数据库的数据模型

数据库的数据模型如图 3-10 所示。采用实体—联系模型（E-R），该模型的实体集主要有土壤类型、土壤剖面。土壤类型是一个大类，它包括土类、亚类、土属、土种四个子类。每个子类包括若干个属性，如土种就包括土壤类型名称、代码、面积、分布、耕层理化特性、生产性能等属性；土壤剖面实体包括土壤类型名称、代码、面积、分布、发生层段、土壤粒级、质地、有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾、pH 值和生产性能属性等。

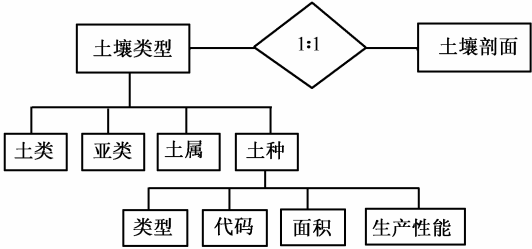


图 3-10 土壤数据模型

3. 凉山州土壤数据库设计

（1）凉山州土壤数据库设计思想

利用 GIS 实现对图形数据的管理。土壤数据库包括属性数据，如土壤类型名称、代码、土壤性质等；还包括图形数据，如土壤图、植被图、土地利用现状图等。

利用 ES 实现基于模型和知识的推理。通过建立模型库和知识库来实现对各级用户有关农业的咨询和决策功能。

（2）凉山州土壤数据库的结构设计

土壤数据库结构和功能如图 3-11 所示。该数据库由六个子数据库组成：土壤类型库、土壤剖面库、土壤利用库、土壤管理库、土壤图形数据库、模型库。土壤类型库是根据凉山州土壤分类系统，由土壤类、土壤亚类、土属、土种四个小库组成，每个小库根据分类系统的级别侧重点有所不同，但基本上包括了土壤类型名称、代码、面积、分布、理化特化、生产性能等方面的内容；土壤剖面库以土种为单位，包括土壤剖面的形态特征和理化性状两方面的内容；土壤利用库包括以乡为单位的土壤改良分区、低产田土和后备土壤资源三方面的内容；土壤管理库主要包括土壤水分和土壤施肥两方面的内容；土壤图形数据库数字化输入土壤图、作物分布图等图件；模型库包括了凉山州各种大宗作物、经济作物和果树、药材的高产栽培模型和配方施肥模型。

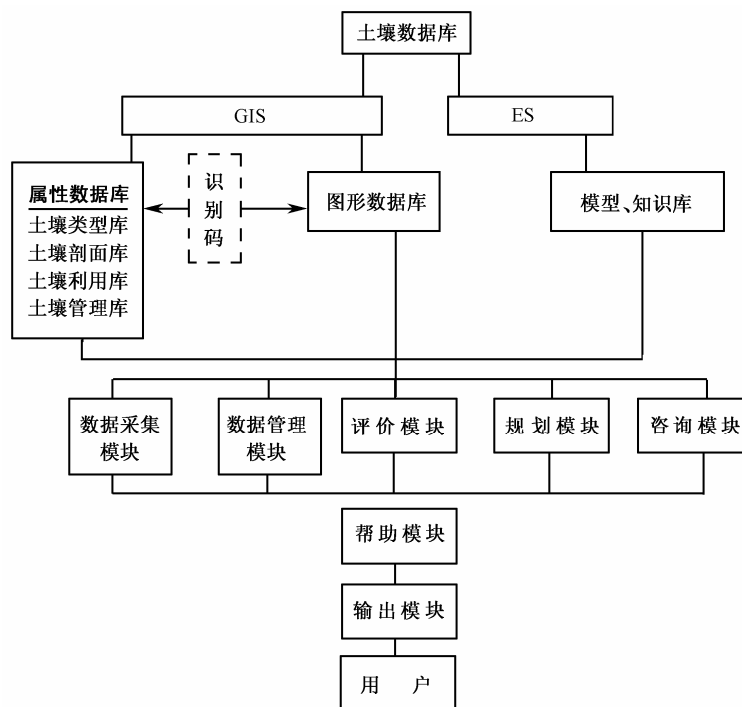


图 3-11 土壤数据库结构和功能图

4. 凉山州土壤数据库设计的实现

(1) 数据编码

土壤类型的编码是依据凉山州土壤分类体系，参照凉山州土种志的编码，经修改而来。遵循了以下三个原则：在可能的情况下，码位要小；尽可能与相关术语的字母相关；采用定长码。

土壤剖面性态编码分为定性的性质编码和定量的性质编码。对于前者，参照以上三原则进行；对于后者，先将其取值范围分成几个子范围，每个子范围作为一个等级，然后根据等级编码。

地理编码，是为了实现属性数据和图形数据的匹配，建立相互对应的关联，便于查询，必须保证惟一性，称为识别码。

(2) 凉山州土壤数据库功能的实现

属性数据输入、输出、管理利用 FoxPro 编程；图形数据输入、输出、管理是利用 GIS 软件 MapInfo 来实现；评价模块、规划模块、咨询模块是利用 ES 开发工具 DET 1.1 编程实现；帮助模块和界面是利用 VB 编程实现。

思考题

1. 文件管理系统与数据库管理系统有哪些异同点？
2. 哪些通用的数据库模型适用于空间数据管理？
3. 设计矢量数据库的方式有哪几种？各有什么优缺点？

4. 什么是 GIS 概念设计？

5. 在进行 GIS 设计时，主要考虑采用什么数据库？

第4章 常用GIS软件介绍

4.1 概述

目前,地理信息系统已在许多领域得到应用,但归纳起来更多地集中在城市规划建设和自然资源环境管理方面。随着人们对空间信息认识的加深以及数字化产品的普及,其应用的深度和广度正在迅速拓宽。

地理信息系统是针对空间信息的处理分析系统。据调查,现实数据库信息中约有75%的信息具有空间性,政府部门信息中约有85%的信息具有空间性。这意味着今后地理信息系统不仅将在解决全球环境变化和区域可持续发展等重大问题上做出贡献,而且将呈现社会化应用趋向,成为人们科研、生产、生活、学习和工作中不可缺少的工具和手段。

1. GIS应用的特点

(1) 应用环境的网络化、集成化

在地理信息系统中,有很多基础数据,它们是社会共享资源,如基础地形库,人口、资源、经济数据库等。因此,必须建立国家及省市地级基础数据库。在发达国家,常由政府投资建立实用基础数据库,由应用部门投资建立专业数据库。用户可通过网络及时地获取正确的基础数据。我国已建立了1:100万国家空间数据基础库,1:25万地形数据库。显然,网络化是发展的必然趋向。

此外,随着各行各业中信息数量的日益增长以及信息种类及其表达方式的多样化,各种集成环境对地理信息系统的推广应用十分重要,如3S集成系统等。

(2) 应用范围的深度和广度不断开拓

地理信息系统应用的专业化和社会化将同时并进,最终进入社会的各个方面。

(3) 专业应用模型开发在GIS应用中占有重要地位

GIS在专业领域中的应用,需要开发本专业的模型,而且在专业中应用的成功与否与模型开发的成败息息相关。这些模型既有定量模型,又有定性模型;既有结构化模型,又有非结构化模型。而且某些模型还具有模糊性和不确定性,从而出现专家系统解决非结构化模型的问题。由于应用模型都具有很强的专业性,这就要求GIS的应用者具有多学科的知识。

2. 应用系统的建立过程

地理信息系统的建立涉及的因素较多,但主要应有足够的地理数据、合理的数据组织结构、合适的应用分析模型。下面说明系统建立的过程。

(1) 明确系统的目的与任务

通过系统设计者与使用者的交流,明确以下几方面问题:

系统的用户

- 系统的目的和应用范围
- 系统的运用周期
- 系统的效率和水平
- (2) 系统可行性研究
 - 应用部门的认可和支持
 - 计算机系统功能和寿命的限制
 - 与其他系统的兼容性
 - 费用与效应
 - 研制周期
 - 数据来源、精度和数据量
 - 专题分析模型的应用水平
- (3) 系统的设计与研制
 - 系统硬件选配
 - 系统软件选配
 - 数据结构设计
 - 数据输入输出设计
 - 数据管理功能设计
 - 分析模型与应用软件设计
 - 技术报告和用户手册等的编写
- (4) 系统实施与维护
 - 系统测试与完善
 - 使用和维护人员培训
 - 数据录入和更新
 - 设备维护和更新
 - 应用程序开发

3. 地理信息系统的应用模式

随着计算机网络、多媒体技术的发展,经历了 20 多年发展历程的地理信息系统已进入社会 GIS 的阶段,地理信息系统的应用不断向纵向和横向发展。纵观各种应用类型,大致分为 3 种模式。

(1) 面向最广大用户的桌面地理信息系统

地理信息系统是一个功能强大、性能完善的计算机应用系统,可广泛用于具有空间位置特性数据的各行业。但它对计算机硬软件要求高,使用时操作复杂,系统价格高昂,专业水平要求高。因此,过去地理信息系统只能在一些特定的领域及特定的用户群中使用,不能被广大普通用户所接受。近几年来,随着计算机的普及,考虑到大量用户群不需要专业地理信息系统所具有的强大的分析功能,而更多地重视信息的可视化分析,因而出现了面向最广大用户的桌面地理信息系统(Desktop Geographic Information System)。由于在现代化社会中大量数据具有地理属性,桌面地理信息系统的应用将渗透到各行各业。可以说,只要具有地理属性数据的信息系统均可用桌面地理信息系统来进行管理。

桌面地理信息系统的特点：

- 以 PC 机为平台，价格低廉、操作方便、便于普及；
- 具有强大的数据兼容性，支持多种流行的图形、图像数据和商业数据库；
- 支持数字化仪，可直接生成矢量图，并具有基本的分析功能；
- 提供日常办公所需的电子表格管理、商业统计及专题图制作功能；
- 提供面向对象的开发语言，用户不需特殊的编程技巧便可建立界面。

目前，桌面地理信息系统正在向 Internet/Intranet、开放式标准软件开发工具和空间属性数据相统一的数据库管理方向发展，这使得它能在更宽的范围和更深的层次上被广大用户所接收。

桌面地图信息系统 (Desktop Map Information System) 是通过地图显示来帮助辨认空间信息的。在地图上可显示各种地理要素，如把表格查询结果定位在地图上或从地图上提取位置表格信息等。严格地说，桌面地图系统无专业地理信息的分析功能，属于更初级的地理信息系统。但很多情况下，人们在使用桌面地理信息系统和桌面地图信息系统时并不严格区分。

目前，国外著名的桌面地理信息系统有：美国 MapInfo 公司的 MapInfo Professional，美国 ESRI 公司的 Arcview，Autodesk 公司的 World，Intergraph 公司的 GeoMedia 及 Caliper 公司的 Maptitude 等。

(2) 面向部门内部的部门级地理信息系统

部门级地理信息系统是应用在一个部门的地理信息系统，即专业地理信息系统。从地理信息系统的发展历史看，部门级地理信息系统是最先进入实用领域的地理信息系统，也就是传统的地理信息系统。目前，国内地理信息系统的应用主要在部门级地理信息系统这一层次上。

部门级地理信息系统的特点：

- 数据结构集矢量和栅格数据于一身，使其具有广泛的应用领域；
- 强有力的数据输入和数据转换功能，支持程序间的相互通信及相互调用；
- 具有空间叠置分析，缓冲区分析，线状网络分析及 DTM 模型等重要的分析功能。

目前，国外著名的部门级地理信息系统有：美国 ESRI 公司的 Arc/Info，Intergraph 公司的 MGE，德国 Siemens 公司的 SICAD 等。

(3) 面向部门之间的企业级地理信息系统

一些国家级信息系统，如大型城市规划、土地利用、环境保护、自然灾害处理、公共事业管理等，常涉及到许多部门，甚至要求几百个用户共享一个地理信息系统。这时常常要求各个部门在不同的地点录入并维护不同类型的信息，完成不同的分析。这种要求不同部门协同工作的复杂地理信息系统称为企业级地理信息系统 (Enterprise GIS)。在这类地理信息系统中，除了部门级地理信息系统的技术外，其核心技术是网络通信及分布式计算。

企业级地理信息系统的特点：

- 分布式网络环境的 Web 操作。企业级地理信息系统既需要各部门高效地管理各自的数据，又要求共享各部门的资源，所以必须是分布式的。
- 高低档系统共存。在多部门运行环境中，不同用户以不同方式和要求，使用不同级别的系统。

- 开放系统。企业级地理信息系统要兼容来自其他系统的软件功能，因此系统必须能融合其他硬软件功能。
- 多用户的数据变更管理，以确保数据的一致性控制。
- 无缝的连续空间数据库，以适应连续的地理环境。

企业级地理信息系统要在数据共享的基础上实现在线查询及处理等。目前，国外著名的企业级地理信息系统有美国 ESRI 公司的 SDE (Spatial Database Engine) 和 Arcview 结合组成的系统。其中 SDE 是基于客户/服务器数据库结构的空间数据库管理软件，支持大型空间数据库管理，并能在网络环境中对多用户的并发访问进行快速响应。Arcview 是企业级地理信息系统的客户端产品，它价格低廉，操作方便。

4. 地理信息系统的应用模型分类

从专业应用的角度看，地理信息系统最重要的功能是要实现对空间数据的分析、评价、预测和辅助决策。因此发展应用分析模型是地理信息系统走向实用化的关键。国内外学术界投入了大量精力来从事这方面的研究，其研究成果大大拓宽了地理信息系统的专业应用范围。

(1) 按模型结构分类

数学模型（又称理论模型）。

统计模型（包括一些经验模型）。通过数理统计方法，用大量观测实验得到的数据，通过定量方法建立模型，模拟过程的规律。这类模型简单实用，在地理信息系统应用模型中占有一定比例，如回归方程、聚类分析等。

概念模型（又称逻辑模型）。由实践中总结、归纳、提炼得到的文字性描述来形成知识库，通过专家系统推理机来求解问题。其中最简单的情况是，可直接用文字加逻辑运算符组成的逻辑表达式来描述。

(2) 按数据类型分类

非空间数据模型（属性数据模型）。把地理信息系统中属性数据作为显式数据源，空间数据作为隐式数据源，来分析区域中的社会、经济及生态问题，进行区域的评价、预测、规划等，从而达到采用常规非空间数据模型解决空间问题的目的。

空间数据模型。同时使用属性数据和图形数据组成模型。因此，从理论上和方法上同空间数据结构有关联。这类模型是地理信息系统研究的重点，如数字地形复合模型等。

(3) 从系统的角度分类

系统提供的模型。地理信息系统商品为用户提供的应用模型。它们是由系统设计者在分析地理信息系统的特点及应用后，为用户提供的通用性模型，如逻辑检索模型，DTM 模型等。

二次开发模型（用户开发模型）。地理信息系统的用户自行开发的分析模型。随着地理信息系统应用面的日益拓宽，系统设计者不可能为用户提供各种专业应用模型。作为一个有生命力的地理信息系统软件，通常为用户提供二次开发接口，使用户可根据自己的专业特点，开发用户模型，解决专业问题。用户开发模型又分为内部模型和外部模型。

- 内部模型：通过地理信息系统提供的工具（如宏语言）开发的应用模型。这种模型能充分利用地理信息系统本身具有的资源。
- 外部模型：通过直接或间接调用地理信息系统中空间数据库来建立的用户模型。其中

采用直接调用方式开发的模型可同地理信息系统共享数据库；而采用间接调用方式开发的模型只能通过中间文件同空间数据库相联系。

5. 地理信息系统的应用领域

(1) 地理信息系统在资源环境管理中的应用

地理信息系统最早应用在资源环境管理中。目前它已经广泛用于资源环境，如森林、矿产、水利及农牧业等的管理；自然资源，如林业、地质矿藏、水资源等的调查；自然灾害，如水旱灾害、虫灾、震灾等的监测、预报、评估；环境保护，如水土流失、荒漠化治理等方面。

(2) 地理信息系统在城市规划管理中的应用

随着经济的发展及城市规模的不断扩大，城市建设部门间的关系日益复杂，城市空间信息急剧增加，传统的方法已显得力不从心，客观上要求将空间信息和属性信息统一进行存储和管理，因而出现了地理信息系统的一个重要分支，即城市地理信息系统 UGIS (Urban Geographic Information System)，作为城市现代管理、规划和科学决策的先进工具。例如，城市地籍管理，城市市政规划管理，城市公安消防管理，城市地下管线管理等。

(3) 地理信息系统在政府宏观决策中的应用

由于在政府宏观决策中，85%的信息与空间信息密切相关，因此，作为分析处理空间信息的地理信息系统，已成为政府宏观决策中不可缺少的工具。地理信息系统在政府宏观决策中的应用是国家管理决策信息化的重要标志之一。例如，我国的国务院综合国情地理信息系统，已成为国务院领导宏观决策的辅助工具。

(4) 地理信息系统在企业管理中的应用

企业级地理信息系统是目前地理信息系统向上发展的趋势，也是 Intranet 网上的重要内容。随着 Internet/Intranet 的迅速发展，企业级地理信息系统在现代企业管理中的作用将越来越重要。因此出现了 Enterprise GIS，Intranet GIS，以完成 Intranet 上的信息发布、数据共享，在交流协作基础上实现对 GIS 的业务处理、在线查询等功能。

(5) 地理信息系统在军事中的应用

在军事行动及军事指挥中，任何战役和战略战术都是在一定的地理环境中进行的，因此出现了以地理信息系统为依托的地理信息系统的又一分支，即军事地理信息系统 MGIS (Military Geographic Information System)。在美国和西方各国，MGIS 在作战指挥（如作战快速保证）中起了相当重要的作用。

(6) 地理信息系统在商业等领域中的应用

地理信息系统在商业领域中的应用是商业现代化的产物。它可以广泛用于销售网络的确定、产品供应的调控、目标市场的选择等市场营销辅助决策工作中。

上面所涉及的地理信息系统的应用领域只是代表性领域，实际上它已应用到了社会的方方面面，形成了地理信息系统产业，并将成为面向 21 世纪的支柱产业——信息产业的主要组成部分而得到迅速发展。

4.2 MapInfo 软件

MapInfo 系统是美国 MapInfo 公司研制的地理信息系统软件。从 1986 年推出第一个 DOS 版本 MapInfo V1.0 到 20 世纪 90 年代初的 Windows 版本 MapInfo V3.0, 其产品逐渐变得成熟, 并很快流行起来。1995 年和 1998 年分别推出的 MapInfo Professional V4.0 和 V5.0, 使这个产品趋于完善。目前, MapInfo 的产品已经行销全球, 是具有 20 多种语言版本的产品。

MapInfo 自 90 年代初进入中国后, 已涌现出一些应用的典范。例如, 国家信息中心的“宏观经济信息系统查询系统”; 水利部的“区域性防洪减灾信息系统”; 原林业部的“森林资源管理信息系统”; 铁道部的“计划统计系统、土地用地管理系统”; 上海的“110 自动报警系统”; 原邮电部的“长途电话计算机管理系统、配号配线系统及邮电网络管理系统等”。

总之, 从国内外情况看, MapInfo 已广泛应用于资源环境管理、城市规划、商业管理、交通运输、军事公安及教育等众多领域。

4.2.1 MapInfo 系统的功能特点

(1) 系统使用简便, 价格低廉, 非常适合广大普通用户对地理信息系统的需求。这也是它很快流行的原因。

(2) 系统运行于微机平台上, 在主流操作系统 Microsoft Windows 下运行。Microsoft 公司已采用了 MapInfo 公司的技术, 使得 MapInfo 与微机上主流软件(Word, Excel, PowerPoint, Lotus1-2-3 等) 有良好的接口。

(3) 系统是一个基于矢量数据结构的桌面地图系统, 也可以说是一个桌面地理信息系统, 是地理信息系统的一个小型应用平台。它不具备拓扑关系的数据结构, 空间分析能力较弱。但它包含了地理信息系统的一些重要功能, 像空间信息与属性信息的有机结合; 地图与各种专题图的制作显示; 空间查询功能及缓冲区分析功能等。

(4) 强大的数据可视化功能。通过 MapInfo 可以将存储在数据库中的信息叠加在电子地图上, 并且将 MapInfo 地图中的地图对象与数据库中的数据建立连接关系, 使地图成为一种有意义的空间数据。其中包括:

- 支持多种不同的投影方式, 用户可通过修改投影定义文件建立自己的投影方式;
- 支持数字化仪的图形方式, 直接生成矢量图形;
- 支持流行的图像格式, 可与矢量数据叠加显示;
- 采用图层概念组织管理数据;
- 具有完备的地图制作工具, 可方便地绘制地图, 包含丰富的符号库;
- 内置的关系数据库, 支持 SQL 查询, 还可对空间信息进行查询;
- 基本空间分析能力, 如缓冲区分析, 叠加分析等;
- 支持自动地理编码, 使用户的数据能方便地转移到地图中去;
- 提供多种数据可视化方式, 包括独立性、范围值、等级符号、点密度、柱状图等;
- 具有强大的兼容性, 可直接接收 Excel, Lotus1-2-3, DBF 文件, Clipper 文件等;
- 图形数据可转换为 DXF, SDF, MGE, SMI, Arc/Info 等格式;
- 内置 ODBC, 支持各种大型数据库, 如 Oracle, Sybase, Informix, Ingress, DB2 等;

- 具有 OLE 和 OLE Automation 功能，可方便地嵌入到 Word，Excel，PowerPoint 等环境中；
- 能与微机环境下的主流开发工具（如 VC++，VB，PowerBuilder，Delphi 等）衔接。

4.2.2 MapInfo 产品系列

MapInfo 公司为用户提供的软件产品系列包括：MapInfo Professional，MapInfo ProViewer，MapInfo MapX，MapInfo ProServer，MapInfo SpatialWare，MapXtreme，MapMarkerPlus，MapXsite 等。此外还提供二次开发语言 MapBasic。

（1）MapInfo Professional 是 MapInfo 公司的主线产品，目前推出的最高版本是 5.0。在微机上具有强大的地图编辑和数字化功能，以及专题分析、地理查询等数据可视化功能。但网络能力很弱，可以认为是单机产品。它的定位主要是客户/服务器环境下的桌面客户端。运行平台可以是 Microsoft Windows95，Windows98，Windows NT 以及 OS/2 的 16 位仿真模式。通过 ODBC 接口可连接各种数据库服务器，实现数据库的地理可视化分析。

（2）MapBasic 是在 MapInfo 平台上的一种类 BASIC 的可编译二次开发语言。它支持 OLE 和 DDE 技术，包含 SQL 语句和地理操作功能。且易于与 VB，VC++，PowerBuilder 和 Delphi 等语言编写的应用软件集成。

（3）MapInfo ProServer 是在 Internet/Intranet 和 Network OLE 环境下的地图应用服务器，它是一套软件和开发工具包。

（4）MapMakerPlus 是一种精确、快速的定位软件。对于 Web 应用来说，它能够根据用户的需求进行定位，或在地图应用软件中对数据统一进行地址匹配。

（5）MapInfo MapX 是一个具有良好性能价格比，功能强大的 OCX 控件。通过标准的可视化开发环境——VB，VC++，Delphi，PowerBuilder 以及 Internet 开发环境，允许用户将地图制作等功能嵌入到一个新的或已有的应用中。

（6）MapInfo SpatialWare 是第一个在对象关系数据库（如 Oracle，Informix）环境下，基于 SQL 进行空间查询和分析的空间信息管理系统。它包括数据分析、制图、报表和用于多种客户端应用的模型工具，能提供全面和强有力的空间查询。

从 MapInfo 的系列产品的发展趋势看，它注意开发工具的简化和标准化；强调空间数据与非空间数据的统一数据库管理；强调与 Internet/Intranet 的接轨，以真正实现地图信息系统的客户/服务器架构；注意通过数据的深入加工，分离出更有用的信息。

4.2.3 MapInfo 数据与文件结构

使用 MapInfo，首先要对图形数据和属性数据进行组织，按照信息的类型和主题将地理数据划分为许多图层（Layer）。每个地图图层表示一种性质的地理元素，它由不同的地图对象组成，如区域、点、线和文本，通过地图图层的叠加构成一幅完整的地图。每个图层称为一张表，即一组 MapInfo 文件，如地图文件或数据库文件等。

例如，一幅森林分布图，可分为以下几层：行政区划图（基本图层）、林班区划图、小班区划图、河流湖泊分布图、公路图及树种分布图等。每一个图层代表着一定的地理属性，将所有的图层叠加起来则可形成一幅完整的森林分布图。

MapInfo 中的地图是由一个或多个图层构成。图层是由不同的地图对象组成的，其中包

括：

- 区域：是封闭的面状对象，如多边形、圆和矩形；
- 点对象：指示物体位置点的对象；
- 线对象：表示距离，如街道、河流和公路等；
- 文本：描述性文字，如标注和标题等。

在 MapInfo 中创建一张表时，至少要由两个文件组成表文件，其扩展名分别为：

.TAB——描述表的结构的一个文本文件，以说明数据文件的格式。

.DAT, DBF 或 XLS——表格数据文件，可由 MapInfo 自己创建，也可从其他的软件，如 dBASE, MS Excel, Access 等转入。对栅格数据表，等效的扩展名为 .BMP, .TIF 或 .GIF 等。

在 MapInfo 中，表示图形对象的文件扩展名为：

.MAP——描述图形对象的文件。

.ID——交叉引用文件，用于连接数据和对象。

.IND——索引文件，以使用查找命令查找地图对象。

通常在 MapInfo 工作时，可同时使用许多不同的表和窗口，且系统可用工作空间的方式保存之，保存文件的扩展名为 .WOR。下次会话时，系统可以快速启动保存的表和窗口，立刻打开工作空间并从上次停止处开始工作。

使用 MapInfo 转入转出数据时还能生成两种扩展名为 .MID 与 .MIF 的文件。其中 .MID 格式用于表格数据的转入/转出，.MIF 格式用于图形对象的转入/转出。

图 4-1 为上述森林分布图的 MapInfo 的数据组织和文件结构。

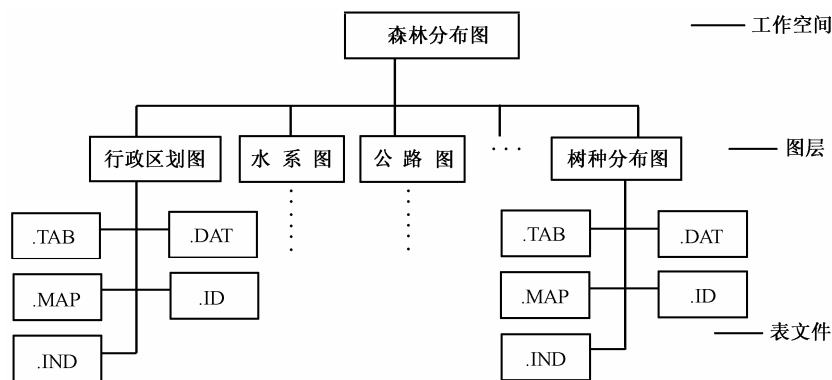


图 4-1 MapInfo 数据组织与文件结构

4.2.4 MapInfo 基本功能

MapInfo 是个功能强大、操作简便的桌面地图信息系统，它具有对图形的输入与编辑、图形的查询与显示、数据库操作、空间分析和图形的输出等基本操作。系统采用菜单驱动图形用户界面的方式，为用户提供了 5 种工具条（主工具条、绘图工具条、常用工具条、ODBC 工具条和 MapBasic 工具条）。用户通过菜单条上的命令或工具条上的按钮进入到对话状态。系统提供的查看表窗口为：地图窗口、浏览窗口、统计窗口以及帮助输出设计的布局窗口。可将输出结果方便地输出到打印机或绘图仪。

1. 图形的输入与编辑

图形的输入是将各种地图信息数据进行数字化或转换,以获得 MapInfo 的基本图形数据组织——表。根据数据源的不同,可分别用手扶数字化仪、扫描仪输入或其他标准数据格式转入。如 AutoCAD 的 (. DXF 和 . DWG)、Intergraph 的 (. DGN)、ESRI 的 ArcView Shape 数据等。

利用 MapInfo 提供的绘图工具条,对地图数字化输入与编辑的要点如下。

(1) 正确设置地图的坐标系、投影、地图方向和单位

MapInfo 支持多种地图投影方式。用户数字化地图时,首先要设定该地图使用的坐标系和投影。由于大多数地图在图例中已指出这两项,用户可选择 MapInfo 提供的坐标系(存放在文本文件 MAPINFOW. PRJ 中),通过修改 MAPINFOW. PRJ 可得到新的坐标系。若要在 MapInfo 中显示栅格地图,就必须配准该图像并为其设定投影。投影地图的过程通常不是完全可逆的,应该做好副本的备份工作。要根据选用的坐标系,设定使用的地图单位。例如,经/纬度投影中的地图以度为单位来显示地图坐标。

(2) 设置控制点坐标

为了在跟踪地图时能正确判读数字化仪移动头的位置,因此必须在地图上设置控制点坐标参数。至少选择 4 个控制点,选择的控制点越多,从数字化板到地图的坐标变换就越精确。选择的控制点离散性要好,如不能在一条直线上。可以在系统中增加、修改、删除控制点,并把控制点保存在工作空间中。

(3) 绘图和编辑工具

MapInfo 具有一套完整的绘图和编辑工具,如图 4-2 所示。对图层进行编辑时,首先要从地图菜单中选择“图层控制”命令,或用“图层控制”工具按钮,使该图层处于可编辑的状态。

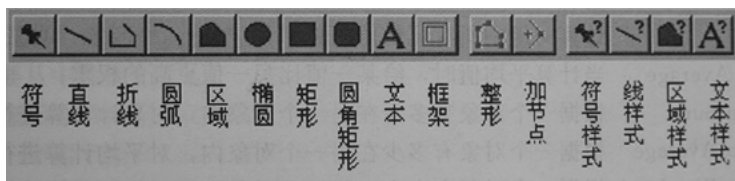


图 4-2 绘图工具

(4) 利用对地理元素整形方式编辑地图

地图编辑方式可对地图图层上的区域、折线、直线、圆弧和点进行整形。这个过程是通过移动、增加和删除定义线段的结点来完成的。也可通过复制和粘贴选择的结点来创建新的点、直线和折线。编辑过程中还可利用区域与折线的相互转换功能来查看区域对象的结点,或者利用合并、分割、擦除和叠压结点等辅助编辑功能。

(5) 使用自动跟踪地图的功能

自动跟踪地图的功能,用来自动跟踪以获取重复边界,避免重复数字化。打开“对齐方式”(用 S 键),则可激活自动跟踪。自动跟踪不适于跟踪由绘图工具制作的矩形、圆弧、椭圆等图形。

2. MapInfo 数据表管理

在 MapInfo 中, 数据库称为表。可以使用两种表来建立、存储、查询和显示属性数据。第一种表是数据表, 可分为包含图形(地图)对象的数据表和不包含图形对象的数据表。例如, 电子表格或外部数据表。第二种表是栅格表, 它是一种只能在地图窗口中显示的图像, 没有数据表的记录、字段和索引等表结构。这里只讨论数据表的有关操作。

(1) 外部数据的转入

MapInfo 可调用 dBASE 数据库、MS Excel 电子表格、MS Access 数据库、Lotus1-2-3 和 ASCII 文件等。文件类型在“文件”菜单下的“打开”命令中的“打开表”窗口中选择。进入系统的外部表必须用“文件”菜单下的“另存为”命令转存为 MapInfo 表后才能对它进行编辑。

(2) 数据表维护

在 MapInfo 中可以直接改变数据表的结构。例如, 增加或删除字段; 改变字段顺序、名称、类型、宽度或索引; 从对话框中设定或确定表的投影; 还可以删除数据表、重命名数据表和紧缩表结构, 以减少占用的磁盘空间。

(3) 对数据表的操作

MapInfo 的表操作命令(除查询外)都集中放在菜单项“表”中, 主要包括:

建立新表, 添加、修改、显示、删除数据记录。

更新列命令, 用于快速且可视化地更新表。先选择对象, 在菜单上选择表→更新列, 填写更新列的对话框。

聚合数据, MapInfo 中提供了许多功能强大的聚合函数, 用来派生新的信息。聚合函数包括:

- Average——计算平均值;
- Count——计算一组中记录的个数;
- Minimum——查找一组中所有记录的最小值;
- Maximum——查找一组中所有记录的最大值;
- Sum——计算一组中所有记录值的总和;
- Weighted Average——当计算平均值时, 给某一值比另一值更高的权重;
- Proportion Sum——根据一个对象有多少记录在另一个对象内, 对总计计算进行调整;
- Proportion Average——根据一个对象有多少记录在另一个对象内, 对平均计算进行调整;
- Proportion Weighted——根据一个对象有多少记录在另一个对象内, 对加权平均计算进行调整。

地理编码, 这是将原本非地图化的数据库记录显示在地图中的一种方式, 以此查看数据的地图分布。为了在地图上观察数据, 必须先把定位坐标赋给每个记录, 使记录中数据与地图匹配。地理编码有几种不同的方法, 这里对“按边界地理编码”方法进行说明。“边界”指封闭的区域或面积。“按边界地理编码”的实质是将边界中心的 X 和 Y 坐标赋给表中的每个数据记录, 这样就能在地图窗口中各边界中心用指定的符号显示数据记录。一旦地理编码完成, 可用“查找”命令来定位单个记录或对象。

3. MapInfo 的查询功能

MapInfo 系统为用户提供了强大而灵活的查询功能,在该系统中称为选择 (Selection) 功能。通过选择既可以直接从地图上查询到相应数据表的信息,也可以利用系统提供的 SQL Selection 从数据表查到相应的数据和地图信息。系统用一个临时表 (Selection 表) 存放选择的结果。临时表也可执行很多用于基础表的操作,如浏览、统计、复制或编辑表,还可进一步生成新的 Selection。

(1) 从地图上选择

用主工具条中的工具和菜单命令进行选择。主要的选择工具有:

选择工具  ——选择一个对象或选择同一区域内的所有对象;

半径选择工具  ——选择所有位于指定半径范围内的对象;

边界选择工具  ——选择位于某个给定区域或边界内的对象;

矩形选择工具  ——选择所有位于一个指定矩形范围内的对象。

上面介绍的任何一种选择工具均可选多个或全部对象 (选多个对象时需按住 Shift 键,逐个单击要选的对象)。从“查询”菜单中选“全部选中”命令也可选中所有对象,选“全不选”命令撤消所有选择对象。当要查看所选数据的信息时,可以从“新建浏览窗口”命令调出对话框,选择所选数据的“Selection 表”。

用查看地图信息的工具进行选择。如用信息工具  查看所击中的地图对象相应的数据信息;用图例工具  查看当前的地图所使用的图例;用标尺工具  计算并显示地图上的点之间的距离等。

(2) 用 SQL Selection 进行选择

选择命令

使用“查询”菜单上的“选择”命令,可对单张基础表进行查询。根据用户创建的条件,从表中选择出结果,并在地图窗口中显示出所选记录的地图对象。所选择出的表同其他表一样,可进行浏览、查询、地图化或制作统计图。用“另存为”命令创建结果表。

SQL 选择命令

SQL 选择命令能对一张表或多张表进行复杂查询。它与选择命令不同之处在于,前者只能从单张基础表中选出信息,其结果是原有记录按一定条件的组合,而后者可以创建隐含在多张基础表中的新数据子集。SQL 查询是在“查询”菜单上选中“SQL 选择”命令,按图 4-3 填写“SQL 选择”对话框,包括:

- 指定要从中选择记录的表,选择“从表”项,如图中的表:东南沟小班。
- 选择显示在结果表中的列 (*号表示选中所有的列),选择“选择列”项,如图中:林班,小班,面积。
- 创建一个用于选择记录的逻辑表达式,创建“条件”项,如图中:面积<100 And 树种=“柞树” Or 树种=“油松”,并用“检验”按钮检验语法是否正确。
- 如果需要对查询结果进行按列分组或排序,则在对话框中选择“按列分组”或“按列排序”,缺省情况下查询结果并不分组或排序。
- 如要存放结果的 Selection 表命名,则在对话框中“结果放入表”后的文本框内修改缺省的表名。

- 查看所选记录的列表，选中“浏览结果”框，点中“确定”按钮执行后，MapInfo 为 Selection 表创建一个浏览窗口，显示选择出来的记录，同时地图窗口中显示相应的地图对象。MapInfo 给此表命名为 Query1，下一个创建的命名为 Query2，依次类推。也可以用自己取的名字替换缺省名称。

在“SQL 选择”对话框中，左边“条件”项用标准的 SQL 语言填写，右边的“运算符”、“聚合”和“函数”是帮助写 SQL 的下拉列表。

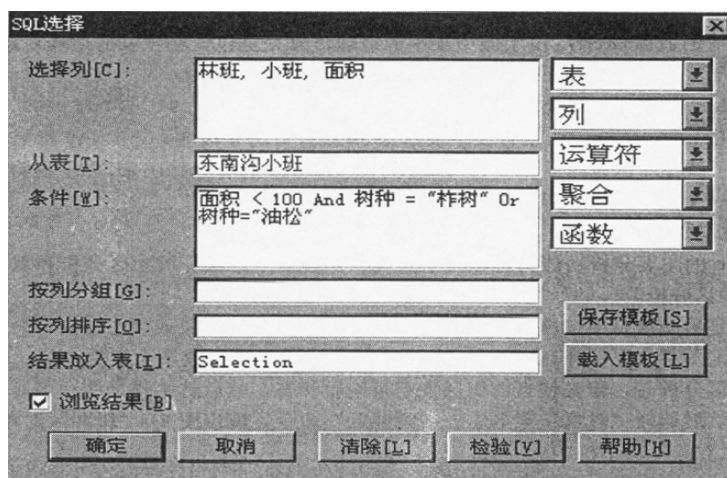


图 4-3 “SQL 选择”查询

进行 SQL 查询时涉及的内容还包括：

- 连接表：用 SQL 选择创建表之间的关系连接，能把来自不同数据库的信息放入一张单独的表中。连接两张表的方法可以利用含有匹配信息的列（共同字段），也可以指定地理连接。当两张表都有图形对象时，MapInfo 能在对象间空间关系的基础上匹配记录。
- 按列分组：用来创建分类汇总。它是把查询表中的行分组，使得指定列上数值相同的所有行被分成一组。在与聚合函数（Count，Sum，Average，Minimum，Maximum）一起使用时，分组列有相同数值的行被作为一组，重复的行被压缩，聚合值则形成派生列。
- 按列排序：用来指定顺序，缺省时按照升序数值（在字符字段中按字母顺序）排列记录。
- 地理运算符：它允许根据对象间的空间关系选择对象，这是 MapInfo SQL 的独特之处。它使用的关键字是“obj”或者“object”，该关键字告诉 MapInfo 是基于地理对象来获得数值，而不是基于表格数据的运算来获得数值。
- 地理运算符放在指定对象之间，其含义见表 4-1。其中，对于 Contains 和 Within，对象的比较是基于中心的；而对于 Contains Entire 和 Entirely Within，比较是基于整个对象的。
- 子选择：MapInfo 允许在 SQL 选择中使用子选择，即嵌套的 SQL。子选择是放在条件框中的选择语句，运行时先计算子选择，再用其值来计算主 SQL 选择。子选择通常与地理运算符结合在一起使用以增强其效果。例如，有一张全国各省 1998 年的人口表 province 和一张城市表 city，城市表中的地理对象完全包含在省表的地理对象中，当查找所有人口大于 5 000 000 的省中的所有城市时，复合条件表示为：

表 4-1 地理运算符的含义

地理运算符	含 义
Contains	若 B 的中心在 A 的边界内，则对象 A Contains (包含) 对象 B
Contains Entire	若 B 的边界完全在 A 的边界内，则对象 A Contains Entire (完全包含) 对象 B
Within	若 A 的中心在 B 的边界内，则对象 A Within (包含于) 对象 B
Entirely within	若 A 的边界完全在 B 的边界内，则对象 A Entirely Within (完全包含于) 对象 B
Intersects	若 A、B 至少有一个公共点，则对象 A Intersects (相交于) 对象 B

obj within any (select obj from province where population_98 > 5 000 000)

表达式中 “ population_98 ” 是省表中表示 1998 年人口的字段名，obj，any 都是 MapInfo 中的关键字。子选择的运算结果将所有人口大于 5 000 000 的省选择出来，any 使得子选择返回一个且仅有一个列 (关于 SQL 语言用法参见有关 SQL 手册)。

4 . MapInfo 分析功能

MapInfo 的主要分析功能为地域搜索查询、创建地图对象、缓冲区分析和重新分区等。

(1) 缓冲区分析

缓冲区是地图窗口中包围一个线对象、区域对象、符号对象或其他任何对象的区域。例如，在大江大河周围建立缓冲区作为非居住区，防止洪水暴发时危及人身安全等。做缓冲区分析时，首先使当前图层处于可编辑状态，选中作为缓冲区基础的一个或多个对象；然后选择 “ 对象 ” 菜单中的 “ 缓冲区 ” 命令，调出如图 4-4 所示 “ 缓冲区对象 ” 对话框。 “ 缓冲区对象 ” 对话框的内容为：

- 指定缓冲区半径。缓冲区半径确定了缓冲区的大小，它可以是常数值，或表中的一个字段，或一个表达式。
- 设定每个图的弧段数 (缺省值是 12 弧段/圆)。弧段数决定了缓冲区的细致程度，数值越大细致程度越高，但创建缓冲区所需的时间就越长。

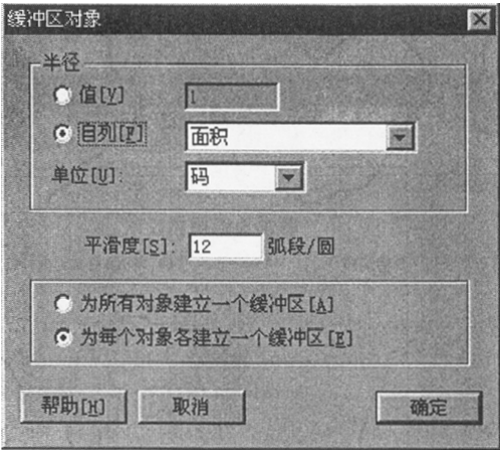


图 4-4 创建缓冲区

- 指定缓冲区类型。可为所有对象建立一个缓冲区，也可为每个对象分别建立一个缓冲区。前者将生成的所有缓冲多边形当成一个多边形，当选中一个缓冲多边形时，所有

缓冲多边形都被选中；后者可分别生成多个多边形，可任意选择其中的一个多边形。创建的缓冲区可放在当前可编辑图层中，作为可搜索对象处理。

(2) 创建地图对象

使用 MapInfo 的高级编辑功能，可以用“设置目标+操作”编辑模式，进行合并、分割、擦除地图对象及叠压结点。这一模式允许用相同表或不同表中的对象创建新的对象。

“设置目标”编辑模式为：

选取一个地图对象，从“对象”菜单上用“设置目标”命令将其设为编辑目标。

选择另一个对象或多个对象作为编辑操作的“剪切器”。

将“剪切器”覆盖在目标上，并对目标进行编辑操作，生成一个或多个新的对象来取代原来的目标对象。如果被编辑的对象有附属数据，可以将各字段数据按比例分配给新创建的对象。

图 4-5 为对两个地图对象的编辑操作，其中设 A 为目标对象，B 为剪切器。

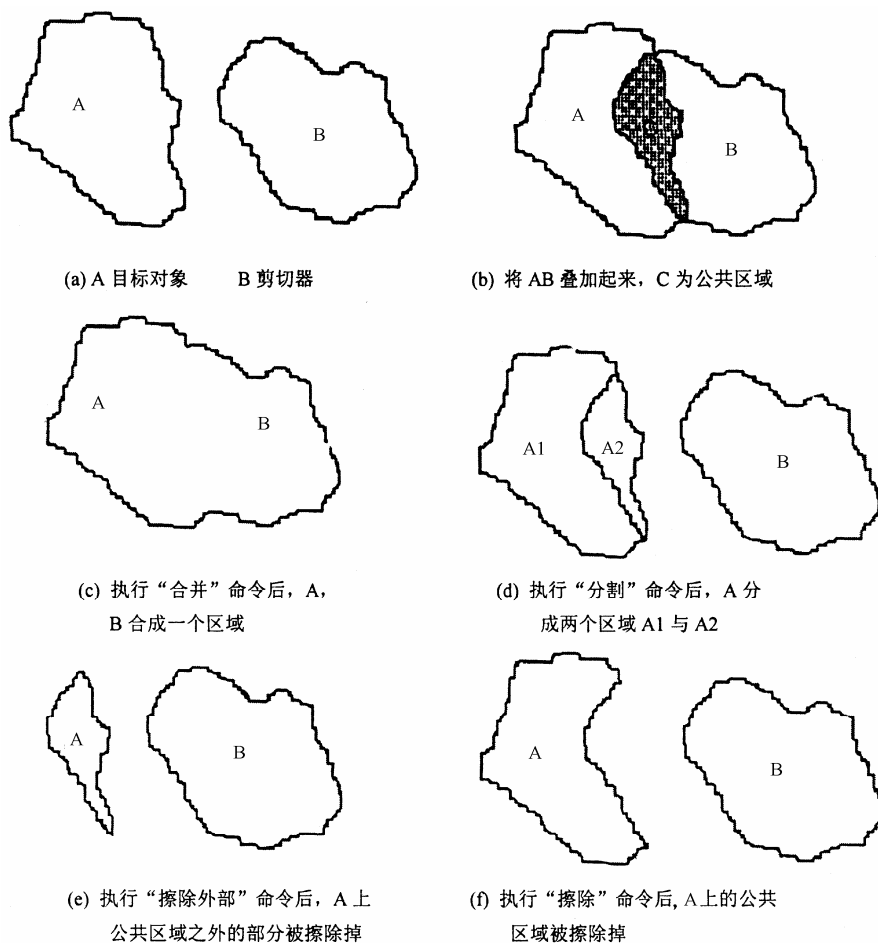


图 4-5 创建地图对象

(3) 对地图对象重新分区

MapInfo 的重新分区命令是将地图对象按一个共同的字段组织成分区或区域，以创建新

的分区，重组已存在的分区。同时对附属的数据迅速进行计算，以便于用户及时做出分析和决策。

重新分区能创建一幅以分区名为变量的独立值专题地图，同时分区信息也以表格形式显示在一个特殊的分区浏览窗口中。它并不创建新的地图对象或永久改变地图对象的样式，而只是一个动态的分组工具。如果对分区的结果满意，可以将分区分配永久化。重新分区的另一作用在于当单击一个地图对象并将其分配给另一个分区时，可以立刻在分区浏览窗口内看到各分区的记录数目和数据统计值。

5. 在 MapInfo 中使用布局输出地图

MapInfo 提供的布局窗口功能，大大方便输出图的制作。布局窗口具有页面布局特性，它允许在一个页面上放置和安排地图窗口、浏览窗口、统计图窗口、消息窗口、图例窗口，还可以通过在布局窗口中增加标题或标注以供输出。可将任何当前打开的窗口增加到布局中，通过移动和调整窗口尺寸得到最佳的输出方式。

创建布局是在“窗口”菜单中选择“新建布局窗口”命令，由“新建布局窗口”对话框来提示用户选择要加入到布局中去的窗口。生成布局后，再通过调整布局中各窗口的尺寸和位置来完成布局的设计。当布局已创建好后，若要向布局中加入任何当前打开的窗口，可通过将它们加入到框架中实现。用“框架”工具按钮为一个指定窗口建立新框架，从而将此窗口添加到布局中。布局设计好后，将布局窗口设置为活动状态即可打印。

MapInfo 还允许灵活地自定义布局，可以选择是否始终显示布局框架中的内容，为布局设定页边距和页数，增加文字说明以及为布局对象创建阴影。

图 4-6 是一张林业上的树种分布图的布局窗口。布局中包含两个窗口，即地图窗口和图例窗口，并在装饰图层上用了说明性文字。

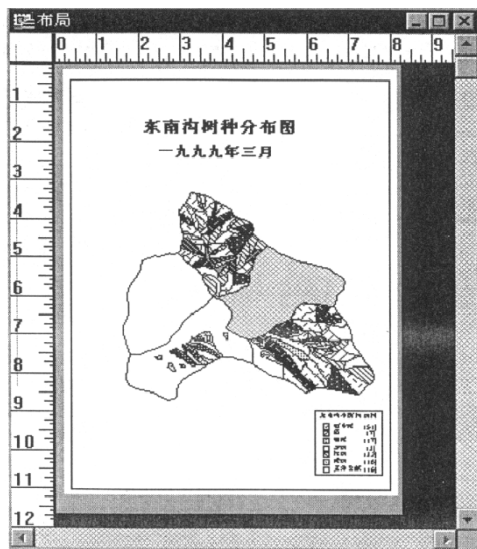


图 4-6 东南沟树种分布图布局窗口

MapInfo 不仅能用常规的方式输出满足用户需求的地图，还能将地图输出到 Photoshop 图像处理软件中。

4.2.5 MapInfo 应用实例

下面以中文 Windows 95/中文 MapInfo Professional 4.5 为平台,以几个林班构成的一个工区——东南沟为例,说明 MapInfo 的一些应用。

1. 查询功能的应用

系统的查询功能包括从地图到数据库的查询和从数据库到地图的查询。

(1) 从地图查询数据库

从地图查询数据库有两种方法：

在地图上用信息工具  查询数据库。选中“信息工具”按钮,用“十”字指针选中地图上一小班对象,则信息窗口显示出在小班所在地理位置上所有对象的属性信息,如图 4-7 所示。图中 3 个子窗口分别是地图窗口、浏览窗口和信息窗口。地图窗口中显示出东南沟的林班与小班区划图,浏览窗口显示的是小班表的信息,信息窗口中指明当前这个地理位置上有几个对象,分别在几个表中。如果要进一步查看哪张表的信息,则用鼠标点中信息窗口中的那张表即可。这种采用信息工具查询的方式可以直接查看地图窗口中任何地图对象的信息。



图 4-7 从地图查询数据库

用选择工具查询数据库。直接用选择工具 、半径选择 、边界选择 、矩形选择  工具对地图上的对象进行选择,如图 4-7 所示。当用选择工具选中一个小班时,地图窗口中被选中的对象表现为高亮度显示,浏览窗口上小班表中相应记录前的选中标记变为黑色。若要选中多个地图对象时,按住 Shift 键,逐个点中要选择的对象即可。也可以用其他几个选择工具对图上一定的范围进行选择。选择好对象后,既可以在小班表浏览窗口查看所有的记录,也可以用浏览窗口工具按钮  调出“浏览表”对话框,从对话框中选择要查看的 Selection 或 Query 临时表。临时表中的数据是地图上所有被选中的记录。

(2) 从数据库查询地图

从数据库查询地图也有两种方式：

采用选择记录的方式。即在数据的浏览表中用鼠标点中记录前面的选择标记，则地图中相应地理位置的空间对象表现为高亮度。如果查询要选择多个记录，则需按住 Shift 键，再逐个点中要选的记录，则地图上被选中的对象将全部显示为高亮度。

采用 SQL 选择查询方式。这是最灵活、最常用的查询方式。在本例中包含东南沟林班和小班两张表。林班表存放着林班数据，小班表存放小班数据。两张表通过“林班”字段发生联系，系统通过该字段分辨林班地图对象与小班地图对象的地理关系。下面是用 SQL 查询这两张表的例子。

[例 4-1] 若要查询东南沟小班表中面积小于 100 亩，且树种为柞树或油松的小班。则在“SQL 选择”对话框中做如下填写（见图 4-3）：

选择列：林班，小班，面积

从表：东南沟小班

条件：面积<100 And 树种=“柞树” or 树种=“油松”

结果如图 4-8 所示。

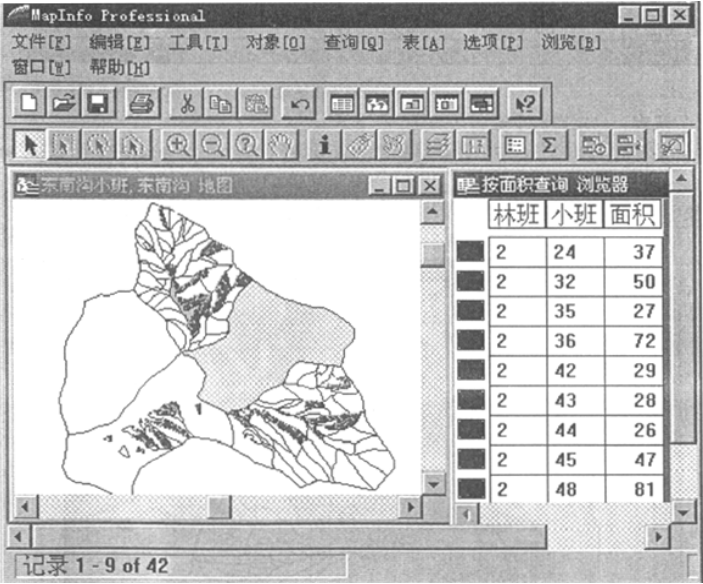


图 4-8 例 4-1 查询结果

[例 4-2] 若要按树种的总株数、总面积、总蓄积、平均年龄等分组东南沟小班表，则在“SQL 选择”对话框中做如下填写：

选择列：树种，Sum（株数），Sum（面积），Sum（蓄积），Avg（年龄）

从表：东南沟小班

按列分组：树种

结果如图 4-9 所示。

树种	Sum(株数)	Sum(面积)	Sum(蓄积)	Avg(年龄)	Avg(平均直径)
柞树	2,890	2,604	132.778	43.9091	9.90606
	0	1,067	0	0	0
落叶松	1,252	5,810.6	69.379	8.58182	3.36727
杨	527	700	33.3951	43.7143	10.8857
桦树	706	1,623	47.5698	43.9091	10.4909
杂树	879	446	23.929	44.75	8.375
油松	1,810	1,051	111.264	24.0526	7.94737

图 4-9 例 4-2 树种统计结果

[例 4-3] 若查询所有和 3 林班的 32 小班相邻的小班，在“SQL 选择”对话框中做如下填写：

选择列：*

从表：东南沟小班

条件：object Intersects (select object from 东南沟小班 where 林班="3"and 小班="32")

结果如图 4-10 所示，地图中显示出 3 林班中 32 小班及其相邻小班。



图 4-10 例 4-3 查询结果

2. 制作专题地图

专题地图是利用数据库来分析和表现数据的一种强有力的方式。通过专题渲染，容易发现在数据列表中几乎不可能发现的模式和趋势。制作专题地图可以根据数据表中特定的值来赋给地图对象颜色、图案、符号，并用一些专题方法（例如，饼图和直方图）来显示地图数据。

创建专题图时首先要在“地图”菜单上选择“创建专题地图”命令，然后按系统提示的步骤实现专题图的创建。其步骤如下：

(1) 确定所要创建的专题图的类型。有 6 种类型供选择：范围、直方图、饼图、等级符号、点密度和独立值。

(2) 选择地图的专题值。确定用于创建专题地图的表和字段，可在下拉列表中选择相应的数据表和字段名。

(3) 自定义专题地图。自定义地图所用的各种选项，包括自定义范围、样式、图例和排序等。点击项目的按钮，弹出相应的窗口，用户按照自己的设置，生成专题图。

对创建好的专题图可根据需要进行修改、保存。下面是制作专题地图的例子。

[例 4-4] 创建东南沟小班的年龄分布专题图。这里用范围专题图的方式来渲染地图，要求将一个年龄段的小班用一种颜色来显示。结果如图 4-11 所示。

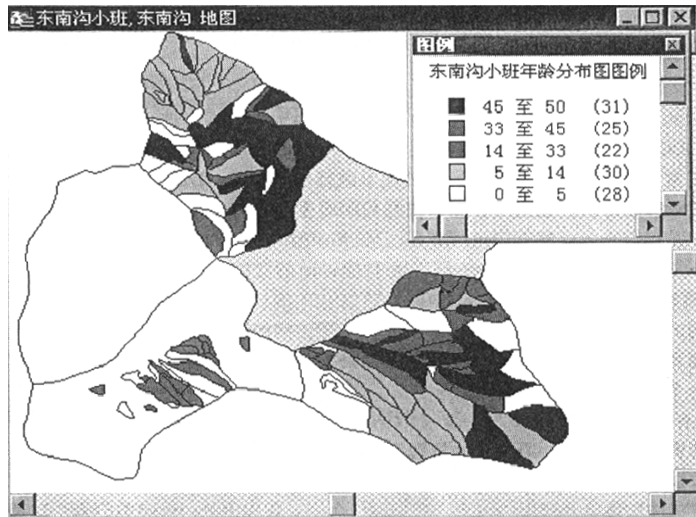


图 4-11 例 4-4 小班年龄分布

[例 4-5] 创建东南沟小班株数密度分布专题图。这里用点密度专题图方式来渲染地图，生成的点的总数代表它的数值，显示区域内树木的株数密度，平均每个点代表 6.7 株树。结果如图 4-12 所示。



图 4-12 例 4-5 创建点密度专题地图

3. 访问远程数据库中的数据

MapInfo 表中有一类特殊的表叫做链接表,它是在访问远程数据库数据时,从远程数据库中下载得到的,用于保持与远程数据库的连接,以对远程数据库进行操作。

(1) ODBC 驱动程序和配置数据源

为了正常使用 MapInfo ODBC,需要在系统环境中加载 ODBC 管理器,并在运行 ODBC 管理程序后,添加访问该数据库管理系统的 ODBC 驱动程序。可以使用的 ODBC 驱动程序类型有:MS Access Driver,MS dBase Driver,Ms FoxPro Driver,MS Excel Driver,Ms Paradox Driver,Ms Text Driver,SQL Server,用于 Oracle 的微软 ODBC 驱动器等。也可以安装其他 ODBC 驱动程序。

从不同的数据库中访问数据时,必须为每个要访问的数据库建立一个 ODBC 数据源,即是访问该数据库所需的信息。配置数据源是把 ODBC 驱动程序同数据源联系起来,每个数据源用一个独特的名字来标识。

例如,有一个用 Microsoft Access 97 数据库建立的森林多种资源的数据库,它包括了林木资源、矿产资源、水资源、野生动物资源和珍稀植物资源等数据表。为它建立一个 ODBC 数据源时,按以下步骤进行:

在“文件”菜单上选中“ODBC 数据源”命令,在弹出的“选定数据源”对话框中,选择“机器数据源”项。

单击“新建”按钮,弹出“创建数据源”对话框,选择“数据源类型”项。有用户数据源和系统数据源两种类型可供选择。其中,用户数据源只有创建者才能使用,系统数据源则是登录的任何用户均可用。这里选择“用户数据源”。

选择“MS Access 97 Database”驱动程序来安装数据源,单击“完成”按钮,弹出“ODBC Microsoft Access 97 安装”对话框。

用“选取”按钮选择数据库,给数据库命名并对它进行描述。可在“选项”和“高级”按钮弹出的对话框中设定数据库只读、登录 ID 和应用程序名等(如图 4-13 所示),单击“确定”按钮,则结束 ODBC 数据源的建立。这时“ODBC 数据源”对话框上的“机器数据源”项中出现名称为“resource”的数据源,类型为“用户”。

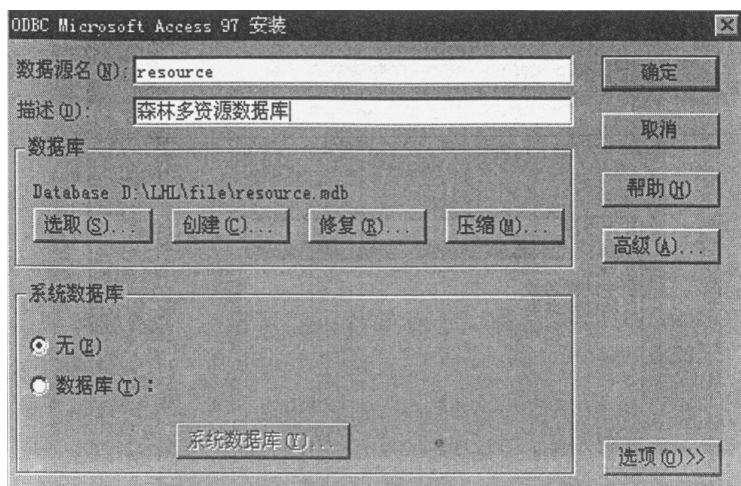


图 4-13 建立 ODBC 数据源

(2) 建立链接表

链接表是一种特殊的 MapInfo 表，它从远程数据库中下载并保持与相应远程数据库表的链接，该远程数据库表被称为“ODBC 表”。对于普通 MapInfo 表所做的大多数操作也能在链接表中执行，如查询、编辑、复制、保存和重新命名，与在系统中创建的表的操作完全一样。但有些操作不能在链接表中进行，如不能紧缩表，也不能修改表的结构。

建立相应的 ODBC 数据源后，才能进行下载链接表的操作。其步骤为：

连接数据源；

从已连接的数据源中选择要下载哪张表（见图 4-14）；

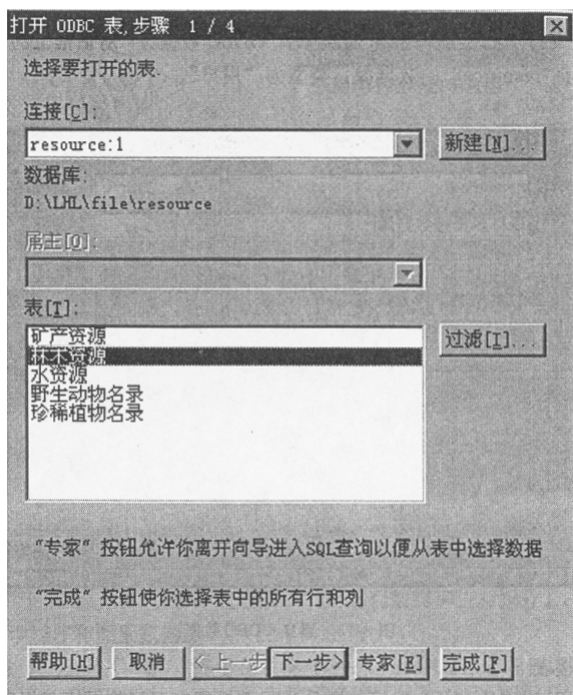


图 4-14 打开 ODBC 表

从表中选择要下载哪些列；

从表中选择要下载哪些行；

在本地，把表作为链接表保存到 MapInfo 中。

用户可以使用标准 ODBC SQL 语法，输入比向导所允许的更复杂的查询，并通过它生成下载表。如本例中，选择“林木资源”数据表来作为下载表，得到图 4-15“林木资源”的链接表。

(3) 解决数据冲突

因为链接表中的记录来自远程数据库，所以当 MapInfo 把表下载后，用户在链接表中修改数据的同时，可能其他用户也在远程数据库中改变或删除相应记录，这使得远程数据库中的数据和要上载到该远程数据库的新数据之间产生冲突，如表 4-2 所示。

当产生冲突时，会自动出现“冲突解决”对话框，如图 4-16 所示。用户根据对话框上的提示信息查看哪些数据记录有问题，并通过选择对话框右边的单选框来决定使用哪一个表中的数据。

表 4-2 数据冲突类型和默认解决

冲突类型	默认解决
服务器值改变，本地值未改变	使用服务器值
服务器值改变，本地值改变	使用本地值



编号	林场	作业区	林班	小班	林种	土地类型	起源
1010101	五道河	1	1	1	用材林	有林地	人工
1010102	五道河	1	1	2	用材林	有林地	人工
1010103	五道河	1	1	3	用材林	有林地	人工
1010104	五道河	1	1	4	薪炭林	疏林地	天然
1010105	五道河	1	1	5	用材林	有林地	人工
1010106	五道河	1	1	6	用材林	有林地	人工
1010107	五道河	1	1	7	用材林	疏林地	天然
1010108	五道河	1	1	8	用材林	有林地	人工

图 4-15 生成的链接表



图 4-16 “冲突解决”对话框

在关闭表文件时，系统发现数据发生了变化，会弹出一个如图 4-17 所示对话框，让用户决定如何处理发生变化的数据。选择第一项“保存 MapInfo 表的改动”，则系统只保存链接表，不更新 ODBC 表；选择第二项“保存 ODBC 表的改动”，则系统既保存链接表，同时更新 ODBC 表；选择第三项“放弃改动”，则系统放弃对数据的修改。

(4) 使远程 ODBC 表在 MapInfo 中可地图化

任何 MapInfo 表都可显示在浏览窗口中，但是只有可地图化的表才有附加地图信息，并能显示在地图窗口中。选择“表”菜单下“维护”子菜单中的“使 ODBC 表可地图化”命令，可使远程 ODBC 表在 MapInfo 中地图化，但需要从远程数据库表中提供以下信息：

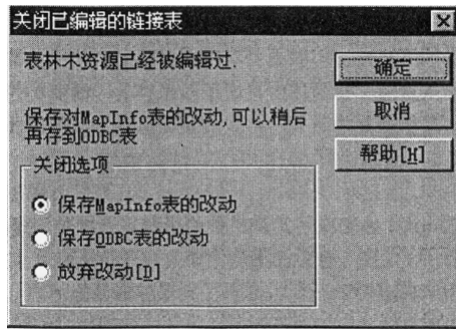


图 4-17 “关闭已编辑的链接表”对话框

包含使该表成为地图的坐标值的列

远程数据表使用的投影

来自远程数据库表的空间索引列

对象使用的符号

这些信息存储在称为“MapInfo Map Catalog”的表中。使用 ODBC 表时,需检查该表是否可地图化。

(5) 刷新链接表

用驻留在对应于链接表的远程数据库中的最新数据刷新该链接表。其操作步骤为:

选择表→维护→刷新 ODBC 表,出现刷新表对话框;

从刷新表列表中选择要刷新的表名;

选择“确定”按钮,指定的表被刷新,表中的数据与 ODBC 表的最新数据保持一致。

(6) 断开与远程数据库的链接

用选择表→维护→断开 ODBC 表连接命令,断开表与相应远程数据库的连接。其操作为:

选择表→维护→断开 ODBC 表连接,出现“断开表连接”对话框;

从断开与表的连接列表中选择要断开连接的表名;

选择“确定”按钮,断开连接。

4.3 Arc/Info 软件

Arc/Info UNIX/NT 版(以下简称 Arc/Info)是 ESRI 公司系列产品中最经典、功能最强大的专业 GIS 产品。现在已经用于全球范围 6 000 多个重要机构和组织中,在我国也拥有 150 多个用户(截止 1995 年),许可证数量 300 个以上。据 GISWORLD 杂志报导,ESRI 公司 1997 年独占世界 GIS 软件市场份额的 40%,已连续数年稳居 GIS 市场占有率的第一位。Arc/Info 提出的许多先进的概念、思想已深刻影响着其他 GIS 类型后续软件的开发。

Arc/Info 的第一个产品完成于 1978 年,主要在小型机上运行。随着计算机硬件技术的飞速发展以及 GIS 技术的不断成熟,Arc/Info 产品不断更新、扩大,形成适应各种用户、各种机型的系列产品。1996 年底,ERIS 公司又把工作站版 Arc/Info 的全部模块移植到 MS Windows NT 之上,使工作站环境下的 Arc/Info 软件功能全部在微机上实现。1999 年底推出基于 Windows NT 上的 Arc/Info 8.0,添加了 ArcGeodatabase, ArcToolbox 和 ArcMap 等功能。

Arc/Info 可运行于各种平台上,包括 SUN Solaris,DEC Unix,HP UX,IBM AIX,Windows

NT (Intel/Alpha) 等。在各种平台上可直接共享数据及应用。

Arc/Info 实行全方位的汉化 , 包括图形、界面、数据库 ; 并支持本机语言系统 NLS (Native Language System) , 实行可重定义的自动语言本地化。

Arc/Info 在 NT 平台上是标准的 COM (组件对象模型) 结构 , 支持面向对象的数据结构及其管理 , 允许用户根据需要利用可视化的 CASE (计算机辅助软件工程) 工具对数据类进行定义和扩展。支持内置的 VBA , 可对 Arc/Info 进行在线的客户化和二次开发。

Arc/Info 提供了用于地理数据的自动输入、处理、分析和显示的强大功能。目前已成功应用到了包括自然资源管理、自动制图和基础设施管理 (AM/FM)、城市和区域规划、人口和商业管理、交通运输、石油和天然气开采、教育、军事等九大类别的一百多个领域。

其主要特点为 :

- 采用地理关系数据模型 ;
- 提供极强的空间操作和分析功能 ;
- 采用模块化结构 , 使用灵活 , 便于扩充。

4.3.1 体系结构

Arc/Info 的体系结构如图 4-18 所示。Arc/Info 由两部分构成 : Workstation Arc/Info 和 Desktop Arc/Info。其中 Workstation Arc/Info 可在 UNIX 和 Windows NT 平台上运行 ; Desktop

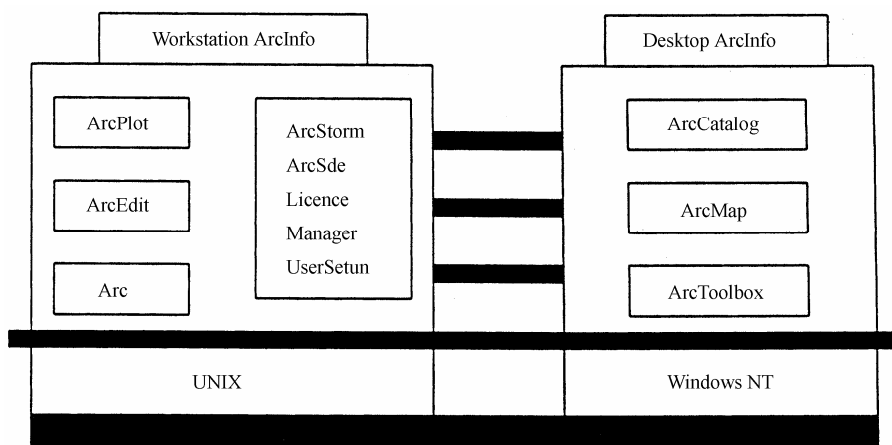


图 4-18 Arc/Info 的体系结构

Arc/Info 在 Windows NT 上运行。安装时 , Workstation Arc/Info 是装在 UNIX 上还是 Windows NT 上 , 由用户根据网络和应用情况自行决定。就功能而言 , UNIX 版和 NT 版的 Workstation Arc/Info 是一样的。Workstation Arc/Info 和 Desktop Arc/Info 可以装在同一 (或不同的) Windows NT 服务器或工作站上。

4.3.2 Workstation Arc/Info 简介

1. 数据模型

地理数据模型主要反映现实世界的理论信息 , 它应该让使用者能对生成的数据进行编

辑、显示、分析、维护和输出结果,执行各种不同的应用。Arc/Info 把地理信息提炼成最简单的点、线、面,每一空间要素都能和相应的关系型数据库对应。自 6.0 版起,又推出了集栅格数据和关系型数据库为一体的栅格 (GRID) 数据模型。所以 Arc/Info 不仅仅是一个矢量 GIS 软件,更是一个集矢量数据和栅格数据为一体的综合性 GIS 软件。

Arc/Info 以层为基本存储单位,在一个层中,地图要素是按照简单的点、弧段或多边形来存储的。Arc/Info 地图图形要素可以分成以下主要特征:弧段、结点、拐点、标识点、多边形;附属特征:TIC 控制点、最大最小坐标、注记等。

(1) 弧段 (Arcs):表示线性要素(如铁路、公路、水系、各种管线等)多边形边界(如政区、土壤、土地利用、湖泊水库),或二者兼而有之。一个线性要素可以由许多弧段组成,每个弧段配一个用户标识码 (User-ID),它的位置由一系列 X, Y 坐标序列来定义。

(2) 结点 (Nodes):表示弧段的两个端点。又可以分为从结点(起始结点, From-Nodes)和到结点(终止结点, ToNode)。

(3) 拐点 (Vertex):弧段上除了位于两个端点的结点以外的其他点。

(4) 标识点 (Label Points):标识点要素(泉眼、水井、电话亭、山峰、大地测量控制点等),或用于给多边形指定用户标识码。如果标识点要素,则标识点的 X, Y 坐标就是该要素所在的地理位置。如果标识多边形,则标识点可在多边形内部的任何位置。每一个标识点都附有一个用户标识码 (User-ID) 来与描述点要素的属性或者标识点所在多边形的属性建立关联。对于任何一个特定的层,标识点或者标识点要素,或者标识一个多边形,不能二者同时表示。

(5) 多边形 (Polygon):表示面状要素,一个多边形由一组拓扑上组成多边形边界的弧段和位于多边形内的一个标识点来定义。用标识点给多边形指定用户标识码 (User-ID)。

除此之外, Arc/Info 还定义了一些高级空间特征。

(1) 区域 (Region):为一组相互不重叠的多边形,用于描述具有相同属性单元的不连续多边形。如行政区划上的群岛、地籍上的飞地等。

(2) 事件 (Event):定义为基于基本线特征基础上离起点或终点一定距离的一点。如要找高速公路上 200km 处的事故点,不需直接求出这一点的坐标。同时对线路或事件点修改不会造成不一致,如图 4-19 所示。

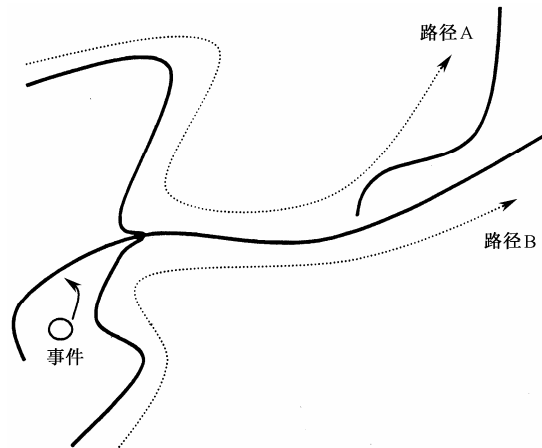


图 4-19 Arc/Info 中路径和事件示意图

(3) 路径 (Routes): 定义为基于基本线特征上的路由, 如图 4-19 所示。如在道路网上划分出的公共汽车线路, 不同的公共汽车线路共用部分道路时不用重复输入线特征。路径的起点或终点重合, 可定义为线路上离起点或终点一定距离的点, 这样就不用断开线特征。

在地图要素中, 结点、弧段、多边形之间不是彼此独立的, 它们之间存在着复杂的拓扑关系。Arc/Info 按照相连接线段之间和点之间的拓扑关系, 通过一系列弧段、标识点直接地表示所有地图要素, 如图 4-20 和图 4-21 所示。例如, 一个多边形由组成其边界的一系列弧段确定, 在这种情况下, 弧段是相邻两个多边形的公共边界。同样, 一个弧段也可能是连接其他弧段的一个路径的一部分, 如弧段可被用来表示街道和路程。

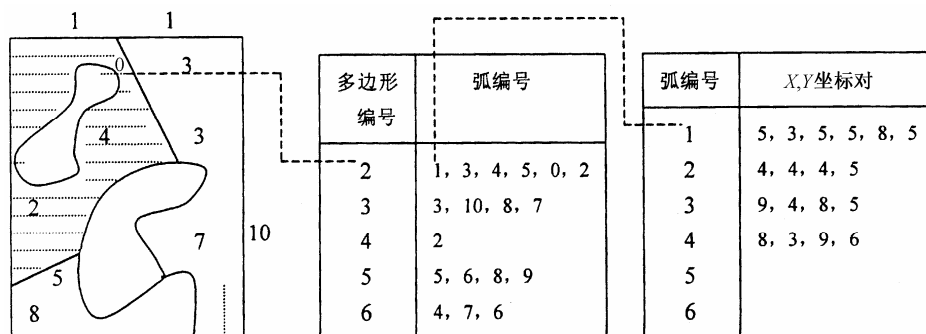


图 4-20 Arc/Info 中多边形、弧段和结点之间的拓扑关系

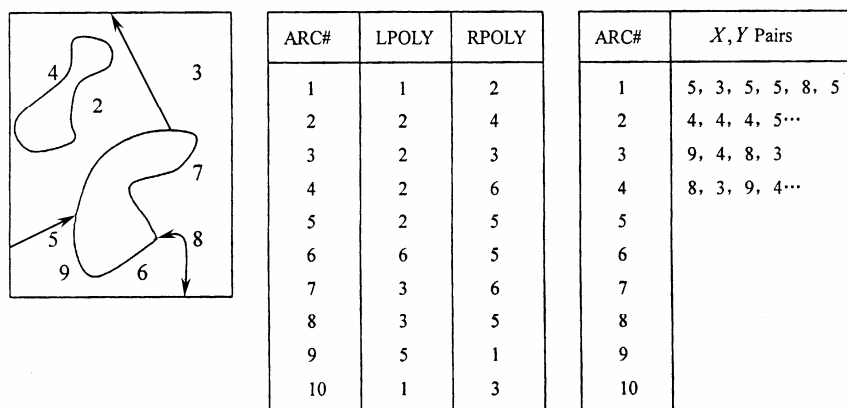


图 4-21 Arc/Info 中邻接关系表示

用来表示要素之间的连通性或邻接性的关系在数学上称为拓扑关系。拓扑关系通过存储要素之间相对的位置关系, 提供了许多空间分析的能力, 如连通性、路径选取、邻接性。

Arc/Info 中的拓扑关系是建立在弧段和标识点特征之上的: 弧段列表定义多边形, 弧段左右多边形定义区域和邻接性; 从结点和到结点定义弧段的连通性。

2. 地图数据管理

除了对单独的区域进行操作外, Arc/Info 可管理大数据量的图形数据。采用先进的空间索引方式, 在地图库里 (Map Library) 把地图数据水平方向划分为 Tile (片), 纵向分为 Layer (层)。用户只要指定范围和内容, 而不必关心数据存储方式, 系统会自动调入相关的而不是

所有数据，如图 4-22 所示。

多个用户可同时读取同一地图库。当其中某一个用户修改其中的一个 Tile 时，该 Tile 锁定，以防止数据产生不一致性，直到用户提交修改内容。

另外，Arc/Info 有一个专门管理地图库的扩展模块 ArcStorn。它真正基于 Client/Sever 结构，可以大大减轻网络数据传输负担。数据的锁定可以基于单独的特征，而不是像单纯的 Library 那样基于一整个 Tile，这样使数据的共享性能增强。

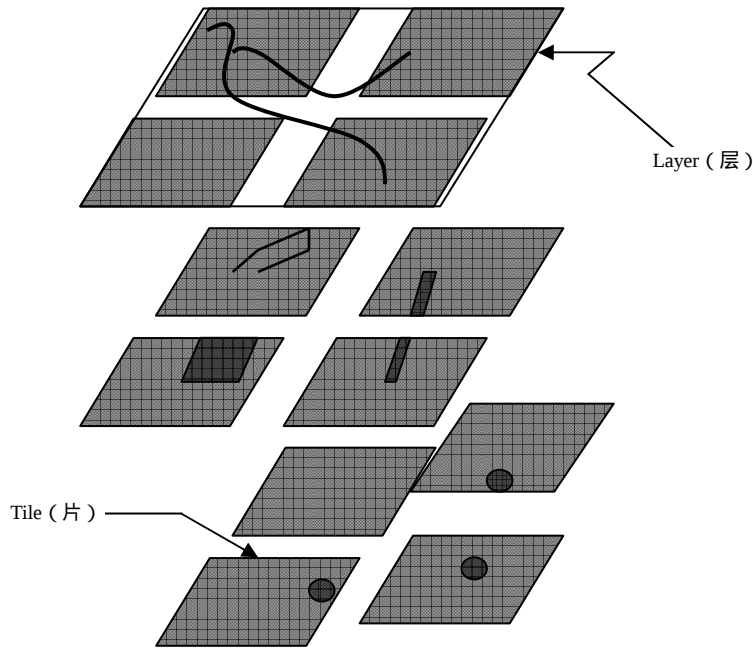


图 4-22 Arc/Info 中 MapLayer 示意图

3. 栅格分析

Arc/Info 除了支持矢量分析外，还支持强大的栅格分析功能，提供大量栅格函数。并已建立了许多专业模型。如地表通视模型、水系分析模型、走廊模型、表面扩散模型等。支持栅格矢量一体化查询和叠加显示。

与单纯的矢量数据不同的是，栅格数据存储的是专题的属性而不是几何信息。其几何信息隐含在像元的相对位置上，这样就省去了复杂的几何和拓扑运算，使某些应用可以变得简单高效，如土地综合评价(Overlay)、二维或三维扩散。同时栅格数据适合描述地形三维(DEM)或虚拟(如空气污染物浓度)三维特性，可用于地表分析和最佳路径分析。

4. 开发环境

Arc/Info 提供 AML 语言开发环境，用户可以非常方便地编制自己的菜单和程序。AML 环境有如下特点：

- 语法结构简单，解释执行，不需编译，执行和开发效率高。
- 支持模块化的开发方法，可开发较大的应用项目。

- 提供可视化菜单，对话框（formedit，menuedit）编辑工具，所见即所得。
- 支持多种风格的菜单、对话框和各种风格的控件。
- 提供多线程的调度和输入管理。

除此之外，Arc/Info 提供与外部 RPC 程序、C 程序的接口（IAC 接口和 TASK 函数）。

除了提供 AML 语言开发环境之外，Arc/Info 还提供了开放开发环境（ODE）。Arc/Info 原有的 AML 解释语言在处理一些复杂的线性控制（如循环、条件嵌套）时，因为是解释执行的，其效率就较低。AML 虽然提供了与外部应用的接口功能，但效率低，对外部应用的可控制性差。而 ODE 则是编译执行的。在 ODE 环境下，程序的流程和控制不再由 AML 解释器来控制，仅在需要时调入 AML 解释器的部分模块，用来把 AML 命令映射到 Arc/Info 的运行库上。Arc/Info 的所有功能都可融入新的应用中，不需要任何接口。而且可以更灵活接收用户输入，改变用户输入控制。用户可在自己的编程环境中调用 Arc/Info 的所有命令和功能。UNIX 上的 Arc/Info 提供共享库（.so），Windows NT 上的 Arc/Info 提供 Windows 动态连接库（.dll）。在工作站上，可用 C，C++，Tcl/Tk 等开发工具；而在 NT 上，除了 C，C++ 之外，ERIS 公司已把某些功能做成 Active X 控件的形式，可直接在 VB，Delphi，PowerBuilder 等上调用，如图 4-23 所示。

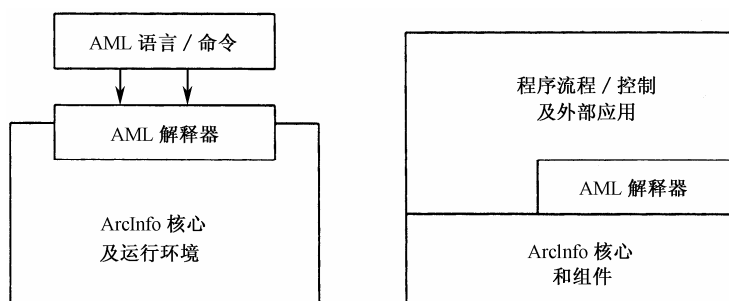


图 4-23 AML 和 Arc/Info 的调用机制

用户用诸如 VB 语言等可视化的工具，生成可视化的界面；用 Arc/Info 控件来显示查询 GIS 图形，完成复杂的 GIS 分析。分析结果（如图形、表格）可随时嵌入到用户的日常工作文档中。

5. 模块介绍

Arc/Info 采用模块设计的方法将整个软件按功能划分为多个逻辑子系统或称为子模块。这样，Arc/Info 就包含许多子模块或程序包，而每一个模块都具有各自的一组命令和逻辑。主要有如下特点：

- 数据输入和编辑功能：地图数据可从数字化仪、扫描仪输入，也可从 AutoCAD，Micro Station 以及 GPS 接收机传入图形数据。能够对图形和属性数据进行编辑。
- 数据转换和集成：能转换多种常用的矢量格式、栅格格式和图像格式的数据，全面支持符合 SQL 标准的商业数据库软件，如 Oracle，Informix，Sybase，Ingress 以及 dBASE 类数据库软件。
- 数据处理功能：地图坐标和投影转换，数据库维护及管理。
- 空间分析功能：叠置分析、缓冲区分析、网络分析和数字地形模型分析等。

- 完整的数据查询和显示功能：支持复杂空间数据和属性数据查询，并进行相应的图形操作和显示，包括栅格数据和图像的显示与管理。
- 地理数据库管理：能对大型的分布式多用户数据库进行有效地存储和管理。
- 用户界面和系统二次开发能力：提供称为 Arc Macro Language (简称 AML) 的程序设计语言，用于生成图形用户界面 (GUI) 的工具，并提供应用开发环境，使用户交互式完成多应用的组合。
- 产品输出：提供数字地图制作、报表生成和高品质地图制作功能。

Arc/Inf 包含了地理信息系统的各种基本功能和高级功能。其主要模块包括：Arc, ArcEdit, ArcPlot, Info 和 Librarian。它由描述地图特征和拓扑关系的 Arc 系统和记录属性数据的关系型数据库管理系统 Info 结合而成，这些混合数据模型兼顾了空间数据和非空间数据这两种不同性质的数据的特点，有效地实现了两类数据的操作、处理和管理。

(1) Arc——是 Arc/Info 的主要程序环境，也是一个总体管理模块，其他模块都要在 Arc 环境下进出。Arc 主要完成对数据单元和工作空间的操作和管理；进行数据格式转换和地图投影转换；建立空间拓扑关系；进行空间分析；进行数据重组。

(2) Info——是一个完整的关系型数据库管理系统，用于完成对属性数据库的管理和维护。通过图形与属性的连接来管理与地理特征有关的属性数据。用 Info 数据库可以建立和操作属性数据库，生成报表，编写应用程序。TABLES 是对 Info 文件进行操作的表格管理系统，可以执行基本的 Info 数据库操作，如建立、存储、编辑和查询图形数据。

(3) ArcEdit——是一个交互式图形输入和编辑系统，提供了图形数字化的所有功能以及综合的图形和属性编辑功能。在 ArcEdit 中，可以方便地输入点、线、面及文字注记等基本图形特征，可以对这些图形特征进行移动、复制、增加、删除、修改。

(4) ArcPlot——是进行图形显示、查询和交互式制图输出的工具，可以完成的功能包括：显示图形和属性数据，查询图形和属性数据；建立制图符号库；进行地图的设计、制作和修改并根据外设的不同生成不同类型的专题地图；绘制三维表面模型视图。

(5) Librarian——是对地图数据库进行管理的模块，主要用于大规模地图数据库的查询检索。主要功能包括：设置图库环境，管理图库结构，管理用户访问权限，建立图库索引，管理图库数据。

Arc/Info 中还包括一系列的扩展模块，主要有：

(1) Network——是进行线状网络和路径分析的工具。包括路径选择 (Path-Finding)、地址匹配 (Address Matching)、空间定位 (Location)、资源配置 (Allocation) 和动态分段 (Dynamic Segmentation) 等。为道路管理、公安及消防分析、城市设施 (如地下管线、自来水、污水、电力、电讯等) 管理提供了便利的工具。

(2) TIN——是一个专门的地表模型生成、显示、分析模块。可根据等高线、高程点、地形线 (如水崖线、陡坎) 生成不规则三角网，并进一步产生地表模型。对地表模型进行三维显示分析，如三维地图导演、飞行动画、通视分析、剖面提取、土方填挖计算等。广泛用于工程设计规划、通信、军事、地图出版等领域。

(3) COGO——主要用于数字测量、工程制图。用来解决一些空间特征的几何关系，如直线垂直、圆弧相切、测量上的前交后变等。可用来处理野外数字测量数据，处理精确的地籍、工程设计图。

(4) Grid——是一个功能强大的栅格分析、处理模块。可对栅格数据进行输入、编辑、显示、分析、输出。同时也可对图像进行简单处理、分析。它包括一整套栅格算子及分析工具,地表建模工具。广泛用于大地规划、项目选址选线、市场调查、生态自然保护、军事指挥、水利规划、防灾等领域。

(5) ArcScan——扫描地图预处理及矢量化模块。能够实现从栅格到矢量数据的自动或交互式跟踪、转换与编辑。可对扫描图像进行几何校正、空间配准及投影转换;可修改图像上的错误,如消除噪声、剔除斑点等;可从图像中提取所需要的地理特征,建立 Arc/Info Coverage。

(6) ArcStorm——是空间数据库管理模块。是针对大中型 GIS 项目数据大、用户众多、并发访问频繁的应用需求而设计的。它采用客户/服务器模式,使 Arc/Info 的数据管理更为完善。其主要特点为:要素级的事物管理,属性数据库和空间数据库的统一管理,网络上分布式数据的连续表示,支持数据库历史管理,系统故障恢复机制。

(7) ArcPress——是一个图形输出模块。可将 Arc/Info 矢量地图文件转换成栅格图像文件,加速图件输出速度。

4.3.3 Desktop Arc/Info 简介

1. 功能结构

Desktop Arc/Info 中,主要由 3 个既可独立运行又可协同操作的新的应用组成:Arc Map, Arc Catalog, Arc Toolbox。它们提供了一个易于使用的、Windows 风格的用户界面,使得操作极为简单。

(1) Arc Map——是一个用于编辑、显示、查询和分析地图数据的以地图为核心的应用。Arc Map 既具有 ArcView 的易用性,又拥有 Arc/Info 的全部功能。此外,它还包含一个复杂的专业制图和编辑系统。既是一个面向对象的编辑器,又是一个完整的报表生成器。

Arc Map 支持的矢量数据有:Arc Covgages, DGN, DWG, DXF, PCArc/Info Coverages, SDE3.0.2layers, ArcSDE 8 layers, Shapefile, Arc TIN 等。

支持的矢量数据文件有:BIL, BIP, BMP, BSQ, ERDAS GIS, ERDAS LAN, JPEG, MrSID, TIFF, ERDAS IMAGINE, ADRG, GIF(需要 LZW 许可)等。

(2) Arc Catalog——是用于定位、浏览和管理空间数据的以数据为核心的新的 Arc/Info 应用。Arc Catalog 是用户规划数据表、指定和利用元数据的环境。它有两个主要的可视化组件,即显示目录列表的树状视图和提供 4 种数据浏览方法的浏览面板。目录中包含以特殊图标显示的 GIS 数据集,如 Arc/Info Coverages, Shipefiles, geodatabades, SDE layer, ArcStorm Layer, Info tables, images, GRIDs, TINs, ArcSDE layers, CAD files, address tables 等。

浏览面板提供了以下 4 种方法来查询数据项:内容模式,微缩模式(Thumbnail),文档模式和预览模式。

(3) Arc Toolbox——是用于完成 Arc/Info 所提供的诸如数据转换、叠加处理、缓冲区生成和投影转换等空间数据处理的环境。Arc Toolbox 包含了 120 多个以向导或对话框形式和菜单选项来表示的空间数据处理工具。按逻辑类别分为:数据管理工具,分析工具,转换工具和自定义工具。此外, Arc Toolbox 的其他特征有:建立批处理工作,运行 AML 脚本和添

加客户工具。

2. 客户化及二次开发

Arc Map 提供了 9 个可被添加到界面上的不同的工具条,完成对数据进行编辑和操作的函数。而且 Arc Catalog 和 Arc Map 是基于 COM 兼容的编程语言,如 Visual C++, Delphi 或 Visual J++, 都能用来定制和扩展 Arc/Info。Arc/Info 还提供了工业标准的 Microsoft Visual Basic for Application (VBA), 用于完成所有的脚本编辑和定制工作。

4.3.4 PC Arc/Info

1. 体系结构

PC Arc/Info 是一个简单易用、功能强大的 GIS 软件工具,运行于配置要求不高的微型计算机平台上。可用于完成创建、管理、分析和显示地理数据等频繁使用的 GIS 功能。PC Arc/Info 可运行于 DOS, Windows 3.x, Windows 95/98, Windows NT 等平台。PC Arc/Info 中包含如下组件:

(1) PC Arc/Info Starter Kit——用来建立所有 PC Arc/Info 功能的基础和环境。主要功能包括:启动和退出 Arc/Info, 地图数字化, 特征属性表生成, 与操作系统对话, 与小型机、工作站 Arc/Info 进行数据传输以及图形显示。

(2) PC ArcEdit——交互式复杂地图编辑。提供对复杂的地理数据的自动组织及采集的功能, 允许同时对图形数据和表格形式的属性数据进行操作和编辑。

(3) PC ArcPlot——提供包括地理信息及地图的显示、输出、空间数据库查询与分析等功能。

(4) PC Overlay——提供一些空间数据的拓扑分析功能, 包括多边形叠置、线叠置、多边形内点叠置, 缓冲区生成。

(5) PC Network——提供网络分析和地理编码功能。线路费用、速度限制以及其他特征可以作为属性存入网络, 用来做路径优化计算。地址匹配功能可以将基于地址的数据存入 PC Arc/Info, 进行进一步双向显示、查询和分析。

(6) PC Data Conversion——提供 PC Arc/Info 与工作站 Arc/Info 以及其他标准地理数据格式间的相互转换功能。

(7) Simple Macro Language (简称 SML) ——提供用户二次开发功能。

2. 数据库

在计算机中, 操作系统以树状目录结构存储文件。信息按文件的形式进行组织, 而文件则按目录的形式进行组织。Arc/Info 即利用这一性能, 制订一些专用的目录, 作为基本的运行环境, 称为工作空间 (Workspace)。工作单元是对传统地图的一种模拟, 它相当于一张地图或传统制图的单要素版, 用以表示某一给定区域地理要素的空间位置和专题属性。在工作空间中存放着一系列包含空间信息的 Arc/Info Coverage。一般做法是, 将同一个研究区的所有 Coverage 都组织到一个工作空间之下。

Coverage 是 Arc/Info 中的基本存储单元。它包含指定区域内地图要素的几何数据和属性

数据，并可以实现它们的有效连接。通常，Coverage 只描述一种类型的地图要素，如道路 Coverage、水系 Coverage、居民地 Coverage 等。有时，同一类要素又可以根据实际需要进一步细分。例如，水系要素可以分为面状水系（湖泊、水库）和线状水系（河流）。

一个 Coverage 中的要素可以分为 5 种不同的类型：图幅控制点（Tics），弧段（Arcs），结点（Nodes），多边形（Polygons）和标识点（Label Pionts）。每一种类型的要素均由不同的文件定义。因此，一个 Coverage 作为一个目录，它有一组文件存储在计算机中。以下分别介绍上述各个文件，包括存储的内容和它们之间的关系，如图 4-24 所示。

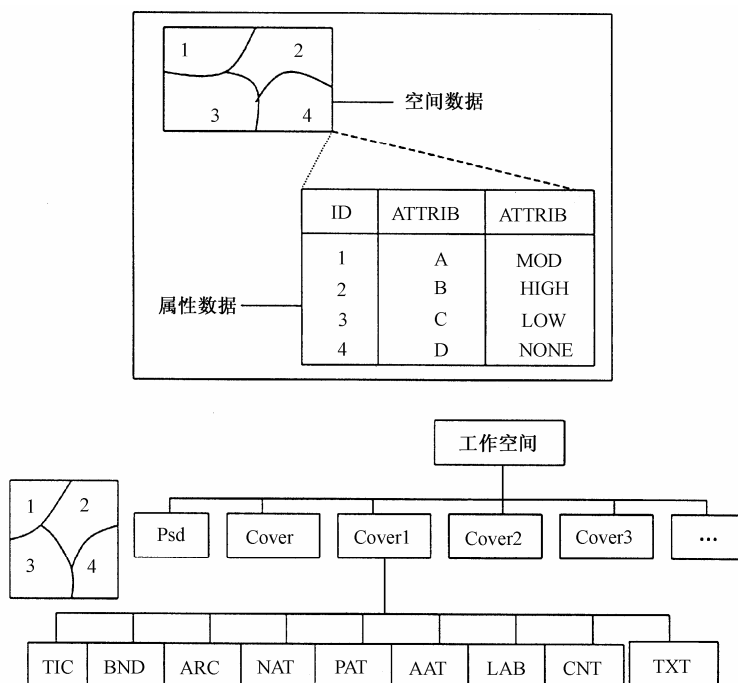


图 4-24 Arc/Info 中图幅工作单元的文件组织

(1) TIC (控制点坐标及标识码)

存储图幅工作单元中 4 个图的角控制点标识码及其坐标。通过这些控制点，可以将该工作单元与采用的统一坐标系进行配准。

(2) ARC (弧段坐标关系)

表示线状要素或区域边界的空间位置。每段弧的位置信息包括：内部识别码，该弧段的坐标点数及其坐标数据。每弧段的坐标对数目不超过 500 个。否则，系统自动截断该弧段，将超出部分编入下一弧段，序号从 501 开始。每个弧段用一个记录表示。Arc 文件中的记录同时也是该弧段在 AAT 文件中的属性记录号。

(3) NAT (结点属性)

结点为弧段的端点，其空间位置在弧段文件中确定。这里只定义其属性值，包括用户标识码、同部标识码和关联的弧段。

(4) PAT (多边形属性表)

多边形的空间位置由弧段确定。该文件只存储组成该多边形的所有弧段的内部标识码、

该多边形所属结点的内部标识码和该多边形的用户标识码。PAT 文件的记录号是多边形的内部标识码,而该多边形的记录号也同时存在 CNT 和 PAT 文件中。通过查询 PAT 文件,可以提取与多边形有关的所有信息。

(5) AAT (弧段属性表)

它包括每个弧段的一系列属性。例如,从 ARC 文件中复制的弧段拓扑关系以及用户需要加入该弧段的其他属性信息。

(6) LAB (标识点的坐标及其拓扑关系)

每个标识点为一个记录,存储该点的坐标拓扑关系(多边形的内部标识码,即在 PAL、PAT 和 CNT 文件中该多边形的记录号)。如果该值为零,表示是点状要素的标识码,而不是多边形的标识码,则该标识点的记录即为该点在 PAT 文件中的记录号。

(7) BND (工作区范围坐标)

该文件由一个记录构成,它定义分析或操作时的工作区范围,同时也作为绘图文件的“窗口”。

(8) CNT (多边形标识点表)

该文件记录多边形的几何中心及位于该多边形范围内的多边形标识码。每个多边形占一个记录,其记录号与在 PAT 和 PAL 文件中的记录号相同。

(9) TXT (注记的位置和内容)

TXT 文件存储地图的注记要素,包括注记的位置、形状、符号及内容(字符串)。该文件只供显示和绘图使用。

显然,上述文件之间是互相联系的,文件之间的操作是通过作为数据项的标识码(User-ID)进行的。Arc/Info 4 个不同的 Info 数据文件用于存储 Coverage 特征属性数据,这 4 个数据文件分别是:TIC, BND, PAT 和 AAT。在一个 Coverage 中,用户标识码既存放在位置数据文件中,又存放在 Info 的属性数据文件中。要素属性文件的管理与位置数据的管理是平行的,即当位置数据改变时,要素属性文件相应也跟着变化;同样,当属性文件改变时,位置数据也发生相应的变化。这种“平行控制”是由系统软件自动完成的。

3. PC Arc/Info 的功能

Arc/Info 是一种基于弧—基点结构的,用于管理和操作地理数据的软件包。它的基本功能包括:地图数字化与编辑,属性数据输入,地图操作和分析,地图设计和图形输出等。

(1) 数据输入

Arc/Info 有一组丰富的数据输入、数据编辑功能,用来产生 GIS 中拓扑结构的数据。这些功能主要由 ArcEdit 模块来完成。

(2) 数据预处理

对手动跟踪数字化仪,扫描输入和各种外部数据文件输入的数据进行自动化的错误检验和拓扑生成等预处理。

(3) 数据管理

所有的矢量数据由 LIBRIAN 模块管理。在 LIBRIAN 中,通过建立交叉分幅关系(Cross-tile),实现了分幅的连续地理空间覆盖的概念。同时,LIBRIAN 还可以进行存取控制和用户类型管理。所有的属性数据由 Info 关系数据库管理。Arc/Info 和 IMAGE

INTEGRATOR 用于网格数据和图像数据管理。

(4) 数据操作

Arc/Info 支持多种投影类型和投影类型之间的变换。投影信息作为一个标准的 Arc/Info 数据模型来存储和管理。同时, Arc/Info 也支持各种空间关系操作。

(5) 数据分析

Arc/Info 的核心模块主要用于对矢量数据进行分析, 并且所有的分析功能均可以对结点区域进行。

(6) 建立客户化应用

SML 宏语言 (NT 版为 AML 宏语言) 是一种高层次的地理信息处理语言。它的引入使得 PC Arc/Info 这样一个通用型的软件能够高效率地为不同的生产和研究任务服务。此外, SML 中的图形用户接口工具也非常具有吸引力, 它可以用来建立使用方便、功能强大的用户界面。

(7) 地图输出

PC Arc/Info 软件数据库能驱动图形方式, 使得它成为地图生产的理想工具之一。PC Arc/Info 有一组用于地图生产的工具, 包括地图设计和提供各种字体等。此外, 它还支持多种绘图设备。

(8) 用户界面

PC Arc/Info 提供了一些图形用户界面的开发工具, 用来建立用户自己的使用界面, 即一种复杂的、多功能的菜单系统。将用户界面按逻辑关系进行组织, 这使得 PC Arc/Info 软件的使用变得非常容易。

综上所述, PC Arc/Info 的主要功能可以总结如下:

- 点、线、多边形的交互式数字化。
- 交互式的图形编辑和数字化数据的更新。
- 地图的扫描输入。
- 其他 GIS 数据文件格式的接收与转换, 如 DLG, DME, ETAK, SIF, GIRAS, MOSS 等。
- 将多个地理属性存储到表格文件中去, 表格文件的个数不受限制, 并且都在 PC Arc/Info 的关系型 DBMS 的统一管理下。
- 自动处理线的交叉点上结点不合的问题。
- 线和多边形地物的拓扑自动生成。
- 根据指定的阈值, 用剔除坐标的方法进行线状地物的制图综合。
- 匹配工具用来连接相邻图幅的地图数据。
- 地图投影类型的相互转换。
- 根据地理属性来选择数据子集并将其存储在独立的文件中。
- 为空间上划分成图幅的专题地图层建立结构化的交叉分幅索引。
- 对于任何一个指定的地理区域, 从数据库中抽取信息。
- 在修改和更新信息时, 控制数据库的存取权限。
- 提供复杂的关系数据库管理系统工具, 如查询功能和数据字典维护功能等。
- 自动计算线状地物的长度, 面状地物的面积与周长。

- 进行复合分析，通过已存在的图元集合的几何交叉产生新的图元。
- 对于由复合分析产生的新图元，系统自动地综合原始图元集的地理属性，并把它赋给新图元。
- 各种多边形与多边形、线在多边形内、点在多边形内的空间关系操作功能。
- 沿着点、线和面状图元产生缓冲带。
- 表格属性文件的布尔和算术操作。
- 提供宏语言，用来建立特殊的应用过程，用户界面可以用菜单和宏命令客户化。
- 矢量数据与网格数据、DLG 数据和 DIME 数据格式的转变。
- 能够产生高质量的图形输出产品和屏幕显示。绘图文件可以送到笔式绘图机、静绘图机、激光绘图机以及图形终端等。
- 丰富的制图符号与交互式的符号编辑器结合在一起，用来产生客户化的符号体系。
- 客户化的符号体系、图例、比例尺标识和标题等可以作为文件存储，使得用户可以反复使用。
- 可以根据图元的地理属性有选择地进行显示，并可用箭头连接到它所描述的图元上。任何表格属性信息可以作为标记文字画到地图上。
- 注记文字可以交互式地绘到地图上，并可用箭头连接到它所描述的图元上。任何表格属性信息可以作为标记文字画到地图上。
- 允许交互式地进行图形查询。
- 完整的报表生成功能，用来表达属性数据统计与地理分析的结果。

4. PC Arc/Info 命令使用规则

PC Arc/Info 命令的使用大多需要在命令名后面加载参数。例如：

CLEAN [in-cover] { out-cover } {dangle-length} {fuzzy-tolerance}

BUILD [cover] {POLY/LINE/POINT}

CON-ANET [computer] [port] [band-rate] {parity} {data-bits} {stop-bits} {retries}

CON-ANET [list]

DROPITEM [in-file] [out-file] [dropitem1...dropitem6]

命令用法遵循如下规则：

[]——在方括号内包含的是一必选参数。例如，使用 CLEAN 命令必须给定 Coverage 的名字。

{ }——大括号内包含的是一可选参数。可以加，也可以不加，视具体情况而定。

cover——以小写字母显示的参数在实际运用过程中应代之以具体的名称或数值。例如，在 CLEAN 命令中，[in-cover]就必须以被操作的 Coverage 的名字替代。

POLY——以大写字母显示的参数为一关键字，应按照命令用法键入，大、小写输入均有效。需注意的是，用户在使用过程中一定不要将 PC Arc/Info 的各种关键字用做 Coverage 的名称。

/——反斜杠用来分隔若干相互排斥的选项，由反斜杠分隔的选项只能有一个被使用。例如，在 BUILD 命令中的{POLY/LINE/POINT}表示用户只能选择其中一个选项。对于大多数命令，第一个选项是缺省选项。

dropitem1...dropitem6——两个参数名之间的三点表示对此参数可以给定一个或多个名字或数值。例如，上例中 DROPITEM 命令的[dropitem1...dropitem6]参数表示可以给出 1~6 个项名。

CON-ANET——命令名本身有时在使用中重复，表示该命令具有不止一种用法，不同的用法须加上不同的参数。

&SML——专用命令及其关键字参数前加&。例如，SML 的 &QUERY 命令的使用：

&QUERY [var] [string] {&Y/&N/&F}

在这里，&是命令或关键字的一部分，必须使用。此外，使用命令还须遵循下面一些规则。

(1) 参数输入的顺序应与命令用法一致，不能颠倒。

(2) 参数之间必须以空格或逗号分隔。

(3) 某些命令拥有一系列的可选参数，在实际运用时某些参数无需指定，这时就应以#号代之。例如，要使用上述 CON-ANET 命令，并跳过如{parity}，{data-bits}和{stop-bits}选项，则

```
[ARC] CON-ANET UNIX 50 1 9600 # # # 30
```

若跳过的可选参数位于命令行最后一个，则可不加#及其他符号。

(4) 连接项名 ITEM1+ITEM2。此用法表示 ITEM1 和 ITEM2 及其中间项应当被用做单个的字符串项。这种连接是暂时的，仅在命令使用过程中有效。该字符串中，空格也同样有效。

(5) 项域 ITEM1:ITEM2。此用法表示 ITEM1，ITEM2 及其当中的所有项要被使用，就像分别列在命令行里一样

(6) PC Arc/Info 命令可以大写、小写或两者混合的方式输入。每个命令及其参数应被完整地放在一个命令行中。命令行的最大长度不超过 127 个字符，与 DOS 一致。

4.4 GeoStar 软件

GeoStar 是武汉吉奥信息工程公司开发的地理信息系统软件。目前已开发的系统有：国家 863 项目“海底摄像影像处理系统”，“北海市土地交易信息系统”，广州自来水公司“阀门动态管理系统”，“农村土地变更调查系统”，深圳“城市 1:2 000 空间一体化数据库”，南京市“城市规划管理信息系统”，湖北“移动通信分析系统”和上海市“空间信息网上发布信息系统”。

GeoStar 系列软件最独特的特征在于矢量数据、属性数据、影像数据、DEM 数据高度集成。这种集成面向企业级的大型空间数据库，已知目前最大容量可以管理 1000GB 空间数据。矢量数据、属性数据、影像数据和 DEM 数据可以单独建库，并可进行分布式管理。通过集成的界面，可以将 4 种数据统一调度，无缝漫游，任意开窗放大，实现各种空间操作。

1. 功能齐全的 GIS 系统主模块

GeoStar 是吉奥之星系列软件的核心模块，是空间数据管理平台，它负责空间数据的接收、处理、查询、调度、索引和发送，保持数据的一致性和完整性；在空间数据管理平台基础上，提供了空间分析、空间查询、专题制图、数据转换、报表处理、元数据管理、图形编

辑等，功能十分强大，可适应不同用户、不同应用的需求，在 GIS 的各个领域都有广泛的应用。

2. 地图扫描矢量化软件

GeoScan 是一套综合的集图像处理、图形输入、属性采集、制图输出为一体的扫描矢量化软件系统。

3. 优秀的三维再现软件

GoeGrid 将数字高程模型、数字正射影像与常规的矢量数据和各种属性信息集成在一起，建立起一体化的三维数据输入、操作与可视化系统。提供了任意尺度、任意空间的漫游功能。为数据处理、空间查询与分析和各种三维模型操纵提供了强有力的支持；为地理信息系统提供了一个三维逼真的动态交互式的运行环境。可以广泛用于地理信息系统中的三维表示与分析、测绘和土木工程等专业领域中的规划设计的三维再现。

4. 神奇的三角网构建模块

GoeTIN 是一种顾及地形特征的三角网构建模型。它可以利用各种随机分布的地形单点（包括随机点和特征点）和特征线数据，快速、高效地建立不规则三角网络（TIN）模型；生成高质量的数字高程模型（DEM）。具有高逼真度和灵活方便的特点，可以广泛用于地形制图、土木工程设计、三维分析仿真以及规则格网 DEM 的生产等领域。配合其他数据一起使用，在农业、林业、交通上可进行土地评价、道路选线、导航控制、生产影像制图、遥感制图等。该系统已在测绘、地质、农业、建筑、军事、导航等多个领域得到广泛应用。

5. 精密的遥感图像处理系统

GeoImager 主要完成航空与多种卫星传感器影像制图、地形图更新、专题信息提取以及栅格与矢量数据的相互转换等功能。可以广泛应用于土地利用、资源调查、环境监测、建设规划、地矿勘探以及地图数据更新等领域。

GeoImager 是国内惟一通过国家测绘局 1:50 000 数字正射影像（DOM）生产软件工具测试的系统。该软件提供大幅度影像的快速显示、顾及高差改正的精确纠正、完善的影像分析和分类方法、杰出的影像融合功能。

6. 性能优越的影像数据库

GoeImageDB 是建立多尺度的大型航空遥感影像数据库系统的工具。它容量大、信息全、执行速度快，并提供任意尺度、任意空间的无缝漫游功能。该系统可用来方便、灵活地管理省级和国家级遥感影像数据。

7. 性能优越的数码城市制作系统

Cybercity GIS（CCGIS）是针对数码城市建设开发的新产品。该软件的主要特点是，基于数字摄影测量工作站采集的城市三维编码数据、GIS 数据、CAD 数据等，自动建立三维城市模型。具有大范围的海量城市数据三库一体化（DEM+DOM+DLG）管理和无缝三维实时

漫游功能,并包容和拓展了常规 GIS 独具特色的空间多媒体信息三维显示查询、模型应用、分析和决策等功能。可广泛应用于城市规划、管理、信息发布、导航等领域。

8. 强大的二次开发控件

GeoMap 作为国内惟一的控件式 GIS 系统构建工具,可以帮助您轻松构建自己的 GIS 系统。它使得在进行二次开发时,可以利用 GeoMap 以及其他软件供应商提供的大量构件,诸如绘图、多媒体和数据库对象等,根据终端用户的需要来规划设计满足特定需求的应用系统。

9. 先进的网络地图构建工具

GeoSurf 是一种网络 GIS 系统,100%由 Java 开发,具有严格的平台无关性。通过任意浏览器在 WWW(万维网)上便可以引发,实际操作简单方便,安全性强,用途广泛。还可进行二次开发,是互联网信息发布的利器。

4.5 MAPGIS 系列软件

MAPGIS 是武汉中地信息工程有限公司开发的一个大型工具型地理信息系统软件。中地公司以 MAPGIS 为基础平台,开发出了用于通信管网及配线、城镇供水管网、城镇煤气管网、综合管网、城市规划、电力配网、国土管理综合信息系统、GPS 导航与监控、作战指挥、公安报警、环境检测、大众地理信息制作、WebGIS 等一系列应用系统。已成功地在电信、地下管道、土地利用、电力、城市规划、地图出版、环境保护等领域应用,并在我国“神州”号宇宙飞船和其他人造卫星的发射中发挥了重要作用。

4.5.1 MAPCAD 彩色地图编辑出版系统

1. 灵活方便的地图输入方式

- 数字化仪输入:点、线、面的数字化输入,输入图元的平差校正及分层管理等功能。
- 扫描矢量化输入:交互式、半自动、全自动等多种矢量化输入方式。用人工智能及模式识别技术,率先实现灰度扫描和彩色扫描图件矢量化。
- GPS 输入:可直接处理 GPS 测定的三维空间数据。
- 文件转换输入:对其他应用软件所产生数据格式(如 AutoCAD, Arc/Info, MapInfo, DLG, STDF 等格式)进行转换。
- 电子平板:可实现全站仪及其他测量数据的输入,实现全数字化测图。
- 兼容性强:可与不同厂家的多种型号的全站仪匹配,实现即测即绘,现场成图。
- 标准化的编码和符号库:灵活的输入方式。
- 多样化的计算方法:屏幕术点模拟现场测绘。
- 客户化的界面:采用了专业词汇的对话框和可自定义的菜单。
- 完备的后期编辑处理:与 MAPGIS 数据相通,可作为 GIS 系统的前端数据,实现测、编、绘一体化。

2. 强大实用的图形编辑

MAPCAD 以强大方便的图形编辑功能提供对图形数据进行大手术的能力。可实现对点、线、面图元的空间位置及参数进行直观的、智能化的修改。包括增加、删除、移动、复制、修改、裁剪、提取、移位、旋转、放大、镜像、分割、连接、平滑、变形、替换、统改、对齐、靠近、边缘处理等 200 多种编辑操作，从而使输入的图形更准确、更丰富、更美观。

3. 完备的错误检查及误差校正

- 错误检查：帮助用户检查数据错误，提供修改向导，节约数据修改时间，提高数据质量。
- 误差校正：采用仿射变换、二次变换、高次变换等多种可供选择的方法进行自动校正，消除图形的线性或非线性误差，满足高精度数字制图要求。

4. 出色的地图投影变换

20 多种不同投影间的相互转换，54，80 坐标系转换，大地、经纬坐标转换，全系列标准图框和非标准图框生成功能。

5. 自动的拓扑关系处理

自动建立拓扑关系，从而使搜区、检查、造区更加快速、方便、简捷。同时还提供错误检查、启发式修改、拓扑自动生成和拓扑关系校正等工具。

6. 无限大的外挂系统库

将图形中的文字、图形符号、注记、填充花纹及各种线型等抽取出来，经过编辑、修改，生成外挂式的符号库、线型库、填充图案库和颜色库。用户可根据不同应用以不同行业的标准来建立合适的符号、图案、颜色库。

7. 符合国际标准的多样式输出

- 支持各种型号的矢量输出设备和各种型号的打印机。
- 光栅处理程序可将矢量数据处理成 CMYK 光栅数据，输出到彩色喷墨绘图仪等设备上。
- 可将矢量数据生成 PostScript 或语言描述的 PS，EPS 输出文件。
- 电子表格系统提供一个强有力的多用途报表应用程序。
- 输出接口提供输出 AutoCAD，Arc/Info，MapInfo，DLG，CGM，ASCII 文件功能。
- 输出符合正式出版要求的高精度彩色图件。

8. 方便、灵活的用户界面

- 图例生成与选取使用
- 按钮操作环境

4.5.2 MAPGIS 地理信息系统

MAPGIS 除了包含 MAPCAD 的所有功能外,还具有如下功能。

1. 海量无缝图库管理

- 图库操作:提供建立、修改、删除图库及图库漫游等一系列操作。
- 图幅操作:提供图幅输入、显示、修改、删除等功能。用户可随时调用、存取、显示、查询任一图幅。
- 图幅剪取:用户任意构造剪取框,系统自动剪取框内的各幅图件,并生成新图件。
- 小比例尺图库及非矩形图幅建库管理:提供图幅拼接、建库及跨带拼接等功能。
- 图幅配准:提供平移变换、比例变换、旋转变换和控制点变换。
- 图幅接边:可对图幅帧进行分幅、合幅,并进行图幅的自动、半自动及手动接边操作,自动清除接合误差。
- 图幅提取:对分层、分类存放的图形数据,按照不同的层号或类别,根据用户相应的图幅信息,合并生成新的图件。

2. 高性能的空间数据库管理

- 客户服务器结构:使用空间数据库引擎在标准关系数据库环境中实现了客户/服务器结构,允许多用户同时访问。支持多硬件网络服务器平台,支持超大型关系数据库来管理空间和属性数据,支持分布式多级服务器网络体系结构。
- 动态外挂数据库的连接:可实现一图对多库、多图对一库应用要求。
- 多媒体属性库管理:可将图像、影像、文字、声音等多媒体数据作为图元的属性存放,以适应各种应用需要。
- 开放式系统标准:支持采用 TCP/IP 协议的 LAN 和 WAN 环境的访问,支持 UNIX 和 PC 平台混合配置。
- 完善的安全机制:保证用户对数据库的访问权限,在单个图元记录及空间范围层面上支持共享和独占的锁定机制。

3. 完备的空间分析工具

- 空间叠加分析:提供区对区叠加分析,线对区叠加分析、点对区叠加分析、区对点叠加分析、点对线叠加分析等操作。
- 属性数据分析:单属性累计频率直方图和分类统计、双属性累计直方图、累计频率直方图和四则运算等操作。
- 地表模型和地形分析:能进行坡度、坡向分析,分水岭分析,流域分析,土方填挖计算,地表长度计算,剖面图制作,能根据地形提取水系,自动确定山脊线、等高线等。
- 网格化功能:对离散的、随机采样的高程数据点进行网格化,对规则网高程数据加密内插处理。
- TIN 模型分析:可对平面任意域内的离散点构建三角网,并提供三角网的约束边界,特征约束线优化处理。

- 三维绘制功能：可对 Grid, Tin 模型数据完成三维光照绘制，实现三维景观的多角度实时观察，三维地表模型模拟飞行功能，并提供三维彩色立体图绘制功能。

4. 实用的网络分析功能

- 最短路径求解：指定若干地点，求顺序经过这些地点的最短路径。
- 游历方案求解：求取遍历网线集合或结点集合的最佳方案。
- 上下游追踪：查找网络中与某一地点联系的上游部分或下游部分。
- 最佳路径：任意指定网线和结点处的权值，求取权值最小的路径。
- 空间定位：为用户规划各类服务设置的最佳位置。
- 资源分配：模拟资源在网络中的流动，求取最佳的分配方案。
- 关阀按索：由用户指定爆管处，求取所有需关的阀门。

5. 多源图像分析与处理

- 图像变换。
- 多波段遥感图像处理。
- 正态分布统计，多元统计。
- 图像配准镶嵌，图像与图形叠合配准。

6. 方便的二次开发

- 开放性：支持 VC++，VB，Delphi、Active X 等集成开发环境。
- 多层次：API 函数层；C++ 类层；Active X 控件层。

4.5.3 MAPGIS 6.0 版新增功能

1. 重要改进

(1) 系统坐标系可随时改变

原始数据的坐标系与 MAPGIS 系统当前使用的坐标系可以不同。也就是说，不管用户存放的数据是地理坐标，还是某种比例尺的平面直角坐标（如高斯坐标），进入 MAPGIS 后，均能够按用户要求的坐标系正确显示和处理。空间定位坐标系和坐标单位更明确。

(2) 数据表示精度大幅度提高

有效位提高到了 15 位。使 MAPGIS 适应各种投影坐标系，各种比例尺的空间数据管理，保证在任何情况下的数据精度。

(3) 野外测量数据直接录入

新增“电子平板子系统”、“电子手簿”。集成了目前市场上常用“电子平板”的所有功能，实现野外数据采集、录入、成图一体化。“电子平板子系统”、“电子手簿”均可以直接控制全站仪或数字测图设备进行野外测量。

(4) 软件结构体系重大改进

全面实现控件化，提供 API 函数、类库、控件三级开发体系，大大方便二次开发工作。图形编辑与输出、工程管理、投影变换、图形校正、图像处理等功能全部控件化，提供了更

方便的开发接口。

(5) 海量影像图库功能增强

使用先进的数据压缩技术, 金字塔技术, 解决大数据量的影像图的存储、管理、缩放、漫游等。而且栅矢结合, 影像图与矢量图并存, 大大方便用户工程的需要。用户可根据用途、资金、工程时间等要求, 灵活地决定采用矢量方式、影像方式、或影像矢量结合方式。

(6) 二次开发函数库进一步完善

提供更完备的二次开发函数库。几乎所有平台上的功能都已集成到 API 之中。以网络编辑分析为例, 仅最佳路径求取, 就提供了两点之间、点到序列之间、单点到多点之间等一系列最佳路径求取函数。网络追踪 API 则允许用户通过属性项任意指定网线方向。用 VB 编制了新的开发示例界面, 有机地结合了编辑系统和输出系统, 以便于用户参考。

(7) 系统用户界面更美观, 易用性更强

(8) 旧版本升级更灵活方便

可实现 6.X 与 5.X 版本数据的相互转换, 即数据可升可降。

2. 各子系统的改进

(1) 网络版功能

可在原有拉技术的基础上实现推技术, 即由服务器将变化了的最新信息送到客户端, 以减少数据的传输量, 避免数据的重复选取, 大大提高了网络数据的存取效率。

(2) 数据转换

支持 Arc/Info 双精度数据输入, 提高了数据转换精度。简化了 MAPGIS 数据到 Arc/Info 的转换工作, 通过带有图形及属性的 E00, 各版本的 Arc/Info 只需“Import”导入即可。

(3) 图形编辑

- 改进线自动剪断及重复线删除算法, 能更好地处理剪断问题。
- 改进拓扑算法及多边形叠加算法, 算法更稳定, 适应性更强, 速度更快。
- 改进拓扑查错及改错算法, 使用户能方便地查错和自动改错。
- 增加了图例自动编制及图例选择使用等功能, 使用户能方便地编制图例。
- 增加了使用“选择>操作”模式来编辑图元的功能。即可以先选择图元, 再进行参数设置、属性修改、图元删除/复制/移动等操作。
- 改进为多工作区编辑, 可同时打开多个工作区进行编辑。
- 增加了剪贴板操作功能, MAPGIS 各子系统间可直接对图元进行复制、剪贴及粘贴操作。
- 改进了曲线的处理和输出功能, 区的边界也可以使用曲线类型。
- 实现了编辑输出的控件化与一体化。

(4) 网络编辑分析

- 增加了定位分配功能, 可以在若干候选地址中确定特定数目的地点安置公共服务设施或商业设施, 使得受服务人数最多, 成本最低或效益最高。由于使用高效筛选法, 网络分析模块能在很短时间内得到最佳结果, 并做出各项统计, 绘出从选定地址到响应需求点的辐射线图。
- 对于最佳路径、资源分配、追踪等网络分析功能, 6.0 版增强了对分析结果的统计及

成图输出。

- 在网络编辑模块中增加了对孤立结点的查询、浏览、编辑功能。
- 提供外业探测数据库直接读入建立网络数据的功能。

(5) 投影变换及图框生成

在原有投影变换基础上，将高程面椭球体投影和不同投影系同时转换功能结合在一起，统一调用入口。图框自动生成功能原先只提供了标准图框绘制功能，而现在可绘制任意比例尺、任意分幅的图框。

(6) 地图库管理

- 支持任意分幅数据的建库与接边。
- 支持外业分区测绘数据的入库与提取。
- 提供了跨图幅的无缝查询功能。
- 提高了批量数据入库的自动化程度。
- 增强了线的接边处理功能。
- 增加了区图元的接边功能。
- 增加了矢量图库与栅格影像库的一体化功能。

(7) 空间分析功能更强

如自动拓扑处理、buffer 分析、叠加分析等算法得到改进，使系统的性能大大增强。

(8) DTM 功能更强，性能更稳定

- 提供大数据量离散点/等值线的快速 DEM 生成功能。
- 等值线图生成，新增了示坡线标注、标尺绘制、等值线注记字头朝向设定等功能；立体图、彩色立体图及剖面图生成，提供了各种标注开关选项，使用更灵活、方便。
- 针对中、小比例尺的经纬度数据，系统支持投影后再追踪成图的功能。
- 针对规则网，新增规则网数学运算、数学函数生成 DEM、规则网拼接、空白区无效值加权插值等处理功能。
- 针对非规则三角网 TIN，提供了基于特征线、特征边界等的三角网建模功能；新增了三角剖分的交换、删除剖分边等手工调整功能以及整理剖分边缘网形功能。

(9) 图像处理

图像处理各子系统完全基于组件模型进行开发。

图像校正子系统加入了坐标系和投影变换功能，可以将图像直接校正到指定的坐标系上去。同时，增强了图像、图形缩放控制，控制点精确定位方面功能，增加了控制点编辑确认功能。

图像处理子系统增加了如下功能：

- 增加了动态灰度变换功能，用户直接对 RGB 显示、灰度显示的波段进行各种细微的灰度变换控制，同时支持实时的二值化控制。
- 增加了标准数据分类算法和分类后小区域合并算法。
- 增加了可视保存功能，以所见即所得方式将当前选择的动态 RGB 组合显示，动态灰度变换的结果保存到 MSI 文件中。
- 增加了图像各波段的主要信息统计及统计直方图，包括最大值、最小值、平均值、标准差、中值、最频值、特征值、特征向量、协方差等。

- 增强了图像压缩功能和矢栅相互转换功能。

图像编辑子系统增强了图像的编辑功能，同时支持任意步撤消和重做功能。

增加了多源影像库管理子系统，该系统支持海量影像数据库的管理、显示、浏览及打印；支持栅格数据与矢量数据的叠加显示；支持影像库的有损压缩和无损压缩。

4.5.4 MAPGIS 的 WebGIS 解决方案——MAPWeb

21 世纪是网络时代。互联网（Internet）迅速崛起，在全球范围内得到了飞速发展，使万维网（World Wide Web 简称 WWW）成为高效的全球性信息发布渠道。随着 Internet 技术的不断发展和人们对地理信息系统的需求的日益增长，利用 Internet 发布空间数据，为用户提供空间数据浏览、查询和分析的功能，已经成为地理信息系统发展的必然趋势。于是，基于 Internet 技术的地理信息系统 WebGIS 就应运而生了。

武汉中地公司在 MAPGIS 平台基础上开发了 MAPGIS Internet Map Server 产品——MAPWeb。对 WebGIS 的产品提供了三套方案：方案一是基于 ASP 的 WebGIS；方案二是基于 ISAPI/ActiveX 的 WebGIS；方案三是基于 ISAPI/JavaApplet 的 WebGIS，该方案正在开发之中。

1. 方案一（基于 ASP 的 WebGIS）的特点和功能

本方案利用微软的 ASP 技术，设计了服务器端的 WebGIS 组件，用户使用 ASP 在服务器端开发。

（1）基于图像方式的显示：在客户端浏览器上是以图像方式显示的，在客户端可直接浏览、查询地图，不需要任何额外程序。

（2）地图的浏览：可对地图进行放大、缩小、移动等操作。

（3）地图的查询：可以查询地图的属性、地理坐标、位置等信息，支持 WAP 查询。

（4）属性浏览：可浏览的属性数据不仅包括数值型的，而且包括非数值型的，如图像、地图、动态图像等多媒体属性。

（5）条件检索：可将属于某一库类的图元以图形属性作为条件进行检索，形成一个图元文件，以供用户使用。

其优点如下：

- 瘦客户方式，客户端负担小。
- 无需下载软件，图像数据高压缩比，速度快。
- 传输光栅数据，数据保密性好。
- 客户端响应速度与数据量关系小，响应速度恒定，适合公众浏览。
- 扩展兼容性好，可支持 WAP 查询。

2. 方案二（基于 ISAPI/Active X 的 WebGIS）的特点和功能

（1）全球化的客户/服务器（Client/Server）应用：全球范围内任意一个万维网（WWW）结点的 Internet 用户都可以访问 WebGIS 服务器提供的各种 GIS 服务。

（2）真正大众化的 GIS：由于 Internet 的爆炸性发展，Web 服务正在进入千家万户，WebGIS 给更多用户提供了使用地理信息系统的机会。WebGIS 可以使用通用浏览器进行浏

览、查询，很大程度上扩大了地理信息系统的潜在用户范围。

(3) 更简单的操作：要广泛推广地理信息系统，使地理信息系统为广大的普通用户所接受，而不仅仅局限于少数受过专业培训的专业用户，就要降低对系统操作的要求。通用的 Web 浏览器无疑是降低操作复杂程度的最好选择。

(4) Browser/WebServer/GISServer 多层结构：由分布在客户端的浏览器，Web 服务器和 GIS 服务器组成。地图的放大、缩小、移动、捕获等操作在客户上直接执行，数据库的查询、管理在服务器端执行，使图形操作响应快速，网络传输量减少。同时这种结构具有强大的数据操纵和事务处理能力，以及数据的安全性和完整性约束，

(5) 基于矢量图形方式的显示：在客户端运行时自动下载 Active X 控件显示矢量图形，给予用户更大的操作自由度，可以自由地处理每个元素。不但可以查询地图数据，还可以分析数据；同时可以实现图像难以实现的对图形的捕获、闪烁等功能。

(6) 矢量图形压缩技术：它减少了在网上传输的数据量，加快了网络传输速度，使得大型复杂地图的全矢量数据在网上快速传输变为可能，因而可保证系统的全矢量操作。

(7) 平衡高效的计算负载：不需要通过服务器，而直接在客户端执行图形的放大、缩小、移动、复位、更新、捕获、闪烁、还原显示等功能，减少了服务器端的负载和网络上的数据传输量，提高了图形操作的响应速度。

(8) 良好的可扩展性：Internet 技术基于的标准是开放的、非专用的，是经过国际标准化组织为 Internet 制订的，这就为 WebGIS 的进一步扩展提供了极大的发展空间，使得 WebGIS 很容易与 Web 中的其他信息服务进行无缝集成，建立功能丰富的具体地理信息系统 (GIS) 应用。

(9) 属性浏览：可浏览的属性数据不仅包括数值型的，而且包括非数值型的，如图像、地图、声音、动态图像等多媒体属性。

(10) 条件检索：可将居于某一库类的图元以图形属性作为条件进行检索，形成一图元文件，以供用户使用。

其优点如下：

- 胖客户方式，服务器负担小。
- 用户交互方便，交互操作在客户端进行，交互响应快。
- 适合 Intranet 用户浏览。

4.5.5 环保地理信息系统

环保地理信息系统 (MAPGIS Environment Information System) 是基于 MAPGIS 平台开发的系统，适用于环境管理、环境质量监测和环境质量评价。其主要功能为：

(1) 灵活的地理数据和专业数据管理：基础底图是在 MAPGIS 电子地图产品基础上编辑而成，用户可根据实际情况对其中的某些或全部图层预先编辑。图形数据可采用数字化仪、扫描仪或利用 MAPGIS 文件转换子系统进行转换输入；可动态建立图形属性库，并对已有属性进行管理、维护操作。通过开放式数据库接口，可充分利用环保系统已有的数据库资源，减少了数据的录入量。

(2) 方便的污染源管理：本模块利用 GIS 技术，把环境污染源应用软件构筑于污染源数据库管理系统和图形库管理系统之上，提供具备空间信息管理、信息处理和直观表达能力的

应用。能综合分析环境情况，实现污染源信息的综合查询，为有关的评价、预测、规划、计划决策等提供信息服务。其检索查询功能，可对行政区划、年份等进行条件统计汇总，统计结果可用表格、统计图、文字等多种方式表示。

(3) 动态数据成图：系统可根据测量得到的数据，自动对区域环境状况进行直观表示，提供描绘全场平面、立体等值线图。各种数据可生成饼图、柱状图、线状图等多种表现形式；能动态外挂图、文、声、像等多媒体数据，通过地理数据实现地貌三维显示。

(4) 环境质量监测：系统分为对大气、水、噪声、固体废弃物、土壤及农作物等方面的监测。其主要功能是：专题的监测点位图的显示，点位查询，区域查询，信息查询，全区环境分布，全区或个别点环境平均状况随时间的变化情况等。并实现了数据地图化功能，可自动生成交通线上的噪声污染图，功能区噪声图等。

(5) 评价模型：对造成当前区域内的环境质量变化进行评定，为区域开发建设及区域环境污染综合防治提供科学依据。系统利用 GIS 和 ODBC 开发技术，实现了大气环境领域的五种经典空气质量模型，较准确地对当前大气环境质量及影响进行评价，为环境污染治理提供支持和参考。系统的输出结果直观，并具有一定统计功能，可存储多次（按用户需求）评价结果供用户参考、比较。倘若提供超标临界值，则可判断各评价点的超标情况，环保部门可依此进行治理。

思考题

1. MapInfo 的基本功能是什么？
2. GIS 应用系统的建立方法有哪些？
3. Arc/Info 的体系结构如何？
4. 比较国产 GIS 软件的优缺点。

第 5 章 GIS 在生态控制中的应用

5.1 数字地球与数字城市

1. 数字地球的特征与性质

数字地球不仅是科技发展的战略目标，而且还是一门全新的学科领域。

(1) 数字地球的学科性质：数字地球是地球系统科学与信息科学高度综合的学科，是位于两者之间的边缘学科。

(2) 数字地球的研究对象：是与地球有关的信息理论、信息技术及信息应用模型。

(3) 数字地球的研究方法：侧重运用现代信息技术，包括遥感、遥测、数据库和信息系统、宽带网、仿真与虚拟技术的综合，包括信息化的全部过程。

(4) 数字地球的特色：为地球科学的知识创新与理论深化研究开创了实践条件，为信息科学技术的研究和开发提供科学试验基地。

(5) 数字地球的服务对象：为全球、全国、城市、区域、资源、环境、社会、经济、减灾、可持续发展、科技与教育、行政及管理等领域开展全方位的服务。

2. 数字地球的基本框架

数字地球作为一门新的学科分支，它由三个部分组成：基础理论、技术体系和应用领域。前面所提到的数字地球基础设施，属技术体系或技术系统。数字地球的基本框架可以用图 5-1 和图 5-2 表示。基本体系结构如表 5-1 所示。



图 5-1 数字地球的框架结构

3. 数字地球的技术系统综述

数字地球技术系统包括数据获取技术，以多种分辨率的卫星遥感为主；数据传输技术，以宽带光纤和宽带卫星通信网为主；数据存储与管理技术，以分布式数据库及共享技术为主，包括互操作、标准、规范和法规等；数据应用技术，以仿真与虚拟技术为主，包括为应用目的服务的实验和试验。技术系统的特点有：

表 5.1 数字地球基本体系结构

数 字 地 球	基础（理论）研究	· 地球系统的信息理论 · 地球系统的系统理论 · 地球系统的非线性与复杂性特征	
	技术系统	基础设施	· 国家信息基础设施（NII）——信息高速公路 · 国家空间信息基础设施（NSDI）——地学信息高速公路 · 对地观测系统（EOS） · 全球观测信息网络（GOIN） · 元数据 · 标准与规范、法规 · 系统安全
		核心技术	· 空间数据智能获取 · 海量数据的存取技术 · 网络数据库、信息系统及分布式计算技术 · 数据仓库、交换中心及知识挖掘 · 多种数据融合与立体表达 · 仿真与虚拟技术 · 虚拟地球系统模型 · Open GIS 标准与互操作技术
		前沿技术	· 数字地球的数字神经系统 · 数字地球的网络生活方式 · 数字地球的进化机制与地学智能体 · Cyberspace · Infosphere · Modeling Earth
	应用示范	· 中国数字地球 · 数字中国 · 应用示范 ——数字农业 ——数字交通 ——数字海洋 ——数字虚拟学校 ——数字城市 ——数字长江 ——数字环境	

- 速度快、精度高和共享性；
- 从局部扩大到全球范围，即全球化；
- 包括资源、环境、经济、社会、人口等各种数据，以地球坐标进行组织和整合，提高了数据的应用水平与价值。

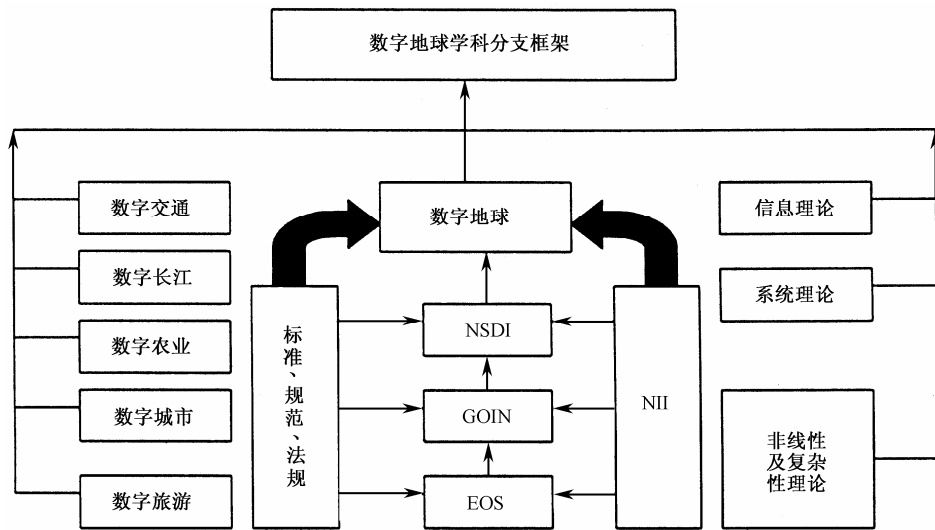


图 5-2 数字地球学科分支框架

4. 数字地球应用领域综述

数字地球技术系统，既可以应用于局部地域（Local）地区（Area）及全球（Global）范围，也可以应用于不同行业与专业，如农业、林业、牧业、渔业、交通、建筑、矿业、工业、城市、环境、减灾等。

5. 数字地球的研究内容

数字地球是以地球作为研究对象，以计算机为主体的技术系统。它不仅以地球表层自然的或人工的物体和过程的信息作为研究的主要对象，而且还把上至电离层，下至莫霍面的物质和能量的信息也包括在内。因为如果要解决天气预报及地震预报的话，仅研究地球表面或近地球表面是不够的，因此必须扩大范围。另外，数字地球的研究对象，除了一个区域或一个城市范围的自然及人工的物体或过程的信息外，它还把整个地球的信息作为研究对象，这就增加了研究工作的复杂性和难度。

就地球的形状来说，它实际上并不是一个均匀的椭球体，而是一个难以形容的有点像梨子的形状，南半球略大、北半球略小。就洋面的形状来说，它也是不规则的，印度次大陆南端，斯里兰卡附近的海面要比平均水平面高出 100 多米；而冰岛附近洋面比平均水平面要低 65 m，这是由于地壳厚度不均所引起的重力作用差异造成的。加上由于太阳、月球与地球之间的引力作用造成的潮汐或固体潮现象，板块漂移、地壳升降以及气候、植物等处在不断的变化状态之中，所以数字地球又称活的地球，动态的地球。

大气存在着圈层，各圈层在全球范围内的分布（密度与厚度）也是不均匀的，而且也是动态的。地球表面以下也有若干圈层，它们在全球的分布同样是不均匀的，因此各圈层的形状也是不规则的，甚至也是动态的。

由于上述的原因，数字地球的数据结构与数据库结构就与原来的有所区别，甚至有很大差别。原来 GIS 的地图或专题图的数据层，如数字高程（等高线）、水系、交通、居民点等

都是同一平面的；而在数字地球中除同一平面外，还是多层的、立体的。范围大一些的，还有球面的和放射状的锤形体，如在同一经纬度坐标条件下，上层的面积大于下层的面积。所以数字地球的数据库结构有其特殊性。

6. 数字地球的作用和意义

数字地球将带给人类一个空前无比的机会，可以把关于人类社会和人类星球的原始数据流转换成可以理解的信息。这种数据不仅包括地球的高分辨率的卫星影像、数字地图，也包括经济、社会和人口的信息。它将在教育、可持续发展的决策、土地利用规划、农业以及危机处理等领域产生很大的社会和商业效益。数字地球计划还可以使人类在人为的或自然的灾害面前以及长期面临的环境问题方面进行合作。数字地球计划还能促进大型产业的增长和提供很多的就业机会。在指导虚拟外交、打击犯罪、保持生态多样性、预测气候变化及增加农业生产等方面为人类提供帮助。

数字地球计划还将提供 1 m，甚至是 1 英尺分辨率的卫星遥感图像。而且获得数据的频率很高，甚至保证每天可获得一次数据。为了达到这个目标，美国准备发射多颗低轨卫星，以便覆盖全球。这样的高分辨率卫星，将使地上的房子、车子、船舶、树木、甚至街上的行人、商店招牌都清晰可见，不仅具有重大的经济意义，而且还有重大的政治意义和战略意义。全球的资源、环境、社会、经济的分布、变化都可以掌握，可见其意义之重大。正是“谁掌握了信息，谁就掌握了主动权，谁就可能获得胜利”。

数字地球系统将改变人类社会的生产和生活方式。例如，数字农业（也叫信息农业），数字海洋捕捞，数字交通，数字旅游等。数字经济，包括：电子商务、电子金融（银行、保险、股票、期货、海关、税务）等。数字社会，包括：电子政务、电子公安、电子法院等。此外，还有数字区域，数字城市等。这均将会促进产业生产规模扩大，推动社会经济的发展。由数字地球技术系统产生的数字战场、数字外交、数字政治等，也将改变人类原来的思维模式和操作方式。

对于信息科学（包括计算机科学和通信科学）来说，如果数字地球能够解决非常复杂的地球各领域的信息化问题，那么信息科学不可能再会遇到什么难题了。因此，对于地球科学来说，数字地球技术系统是“一场新的技术革命，它正在使人类获取、存储、处理和显示信息的方式发生天翻地覆的变化，使得人类对于所处的星球以及周围环境、文化现象等史无前例的海量数据的处理成为可能。”数字地球还为地球科学提供了“科学计算（Computational Science）”的强大工具，为解决过去认为无法进行的时间和空间尺度跨度太大的或太小的地质、地理、大气或海洋过程的实验以及无法解决的纯理论复杂自然现象的预测问题提供了可能性”。

数字地球的概念虽然是最近才提出来的，但数字地球的思想和技术却已酝酿了很久，至少有30年时间，并已经有了许多成功的实例。如“龙卷风”、“海气交换”、“天体运行”、“圣安得利斯断层地震”、“恐龙生态环境”、“洛杉矶城市改造”与“拉斯维加斯城市改造”等的计算机仿真和虚拟实验，都取得了相当大的成功。另外，科幻艺术片“侏罗纪公园”和“天地大碰撞”等也有一定的科学参考价值。

数字地球为地球系统开创的科学实验条件，不仅可对未来的事件或过程进行实验，而且还可以对已经发生过的系统过程进行反演实验，这是前所未有的。它为知识创新和理论研究

提供试验基地。如对我国广西、贵州、云南及新疆等地区的地壳运动的反演实验,在知识创新或理论研究方面都可能取得很好的进展。在科学实验方面,包括物理学或生物学方面的虚拟实验,现在都可以运用计算机进行虚拟实验。例如,不同植物生长模型的计算机软件的开发,已使得区域或城市的生态设计、农业试验田的计算机虚拟成为可能。

又如,长江流域的全部信息化,包括了数字化(计算机化)、网络化和智能化全部过程。暴雨、径流、险情、灾情的自动监测及预测,水库及分洪区、滞洪区的自动调控系统,险情自动警报系统及防洪救灾指挥系统等,所有这些系统的建成,使自然的长江成为可控制的长江或信息化的长江是有可能的。

现在,智能大厦以及由许多智能大厦组成的智能小区,已经不是新鲜事。在日本和美国已经有了这样的示范区。美国计划着手建设 50~60 个数字化城市,将城市基础设施、功能设施和服务设施全部数字化,为城市规划、改造及生态设计等创造科学条件。新加坡也将建设成为一个数字化的城市。

数字地球,即信息化的地球,不仅是国家信息化的重要组成部分,而且为地球科学开创了前所未有的科学实验条件,为地球科学的知识创新和理论研究提供了科学实验基地。数字地球技术系统将使“全球信息聚集在我手掌中”的科学幻想成为现实。

7. 数字城市建设的意义

城市是人类社会政治、经济、文化的中心,是人类文明的集中体现。我国国内生产总值中约有 80%集中在城市,加快城市化发展步伐,是我国实现现代化的重要组成部分。

城市的发展离不开城市信息化,数字城市不仅是信息社会的重要组成部分,而且也是数字地球技术系统的集中表现。数字城市是指综合运用地理信息系统、全球卫星定位系统、遥感、多媒体及虚拟现实等现代信息技术,实现对城市地理、自然资源、生态环境、人口、经济、社会和城市设施、城市规划、建设、管理等信息的采集、更新和集成。并且数字城市具有数字化、网络化、地学仿真、优化决策支持和三维可视化表现等强大功能。数字城市可以使人们在三维虚拟环境中进行管理、分析、决策、工作、学习与娱乐。数字城市符合中国目前工业化和信息化并行的经济生活现状,在中国城市现代化建设中具有重要意义。

(1) 数字城市建设涉及城市资源配置、环境保护、城市规划等。加快数字城市建设,有利于确保城市的可持续性发展,有利于开拓政府视野、加快城市建设、提高城市整体综合实力。

(2) 数字城市为调控城市、预测城市、监管城市提供了革命性的手段。是城市规划、建设、管理与服务数字化工程的最终目标。

(3) 数字城市建设将促进大批新兴产业,特别是信息业的发展,进而促进城市经济的全面发展。

(4) 有利于改善我国城市的投资环境,加强城市政府的宏观调控能力,减少经济决策失误。

(5) 有利于促进建设行业的廉政建设,制止猖獗的违法建筑,避免工程招投标和房地产建设中的大量弊端。

(6) 有利于改变人们的思想观念、工作方式、学习途径、生活方式,改变工作作风,提高工作效率,最终全面提高公民综合素质。

(7)有利于保证我国城市信息资源的安全和国家的安全,降低在战争状态下我方的损失。

8. 数字城市建设内容

数字城市建设的主要内容有:获取数据,数据整理,基础数据库建立,信息传输网建立。其系统层次如图 5-3 所示。

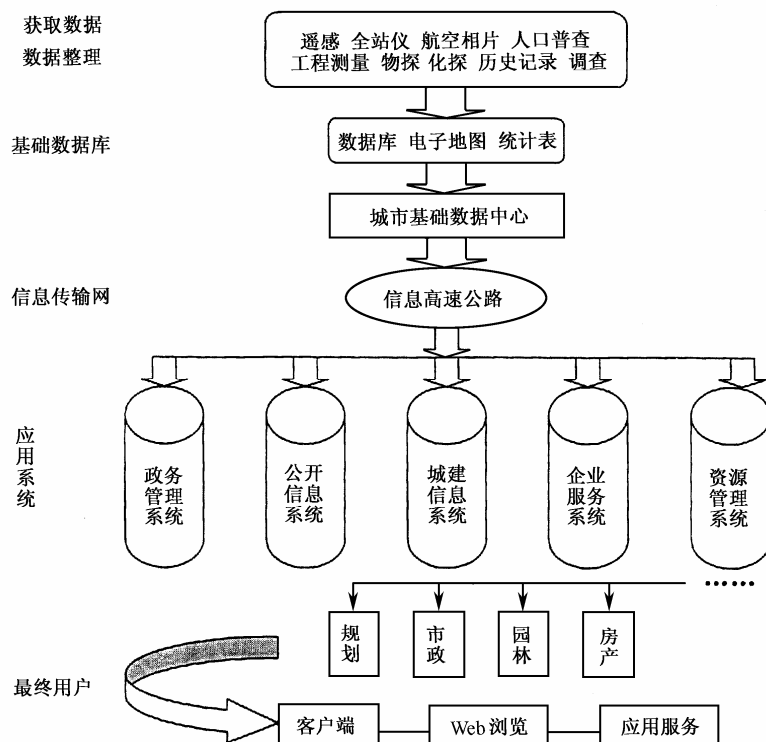


图 5-3 数字城市系统结构层次图

5.2 国家级生态示范区地理信息系统

从人与自然的关系看,人类社会的发展已经进入到生态与经济协调发展的新时代,其基本特征是实现经济与社会的可持续发展。生态环境保护与建设已成为实现社会与经济可持续发展的重要组成部分。针对可持续发展问题,国家环保总局近年来在全国范围内开展生态示范区建设。生态示范区的建设是一项十分复杂的系统工程,它涉及到自然资源、生态环境、社会经济等众多因素和方面。生态示范区建设规划涉及庞大的数据和信息,包括环境保护、土地资源、水资源、海洋资源、旅游资源、森林资源、经济、社会等原有的数据及变化数据。地理信息系统(GIS)为这些数据的有效采集、处理、存储、管理、分析与综合应用提供了基本手段。

采用 GIS 技术,建立国家级生态示范区地理信息系统,有利于提高生态示范区建设、管理、决策的科学性和可操作性。

1．系统目标

建立国家级生态区地理信息系统的目的是：为国家级生态区建设规划与管理、为我国自然环境与社会经济可持续发展提供实时、动态、直观、全面和科学的信息服务和技术咨询。系统可采用 GIS 技术进行数据采集、处理、分析、管理与输出，并结合多媒体技术，实现对区域查询、修改、规划信息管理。用户查询某区域规划信息时，可以得到与之相关的图形、影像、文本等类型的数据。

2．系统结构

按照结构化和模块化的原则，将系统设计成多个相对独立、功能单一的功能模块。主要包括地图管理和显示、多媒体资料播放、专题地图生成、数据查询等功能模块。图 5-4 为系统结构图。

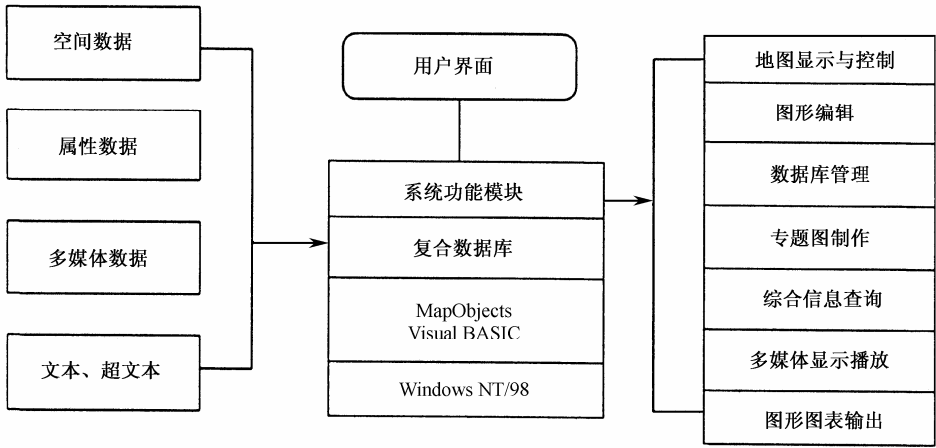


图 5-4 系统基本框架结构图

3．系统功能与界面

(1) 图层显示与控制

国家级生态示范区地理信息系统应能提供图形在窗口内的各种显示功能。例如，分层显示、改变图层顺序、从活动地图上增加或删除一个或多个图层，放大、缩小、漫游、按比例放大缩小、要素闪烁等。

(2) 图形编辑

提供在指定图层增加点、线、面的功能。

(3) 专题图的制作

系统根据与图形相关联的属性数据来制作专题图，将属性数据库中的信息图形化，使数据以更直观的形式在地图上体现出来，为用户决策提供依据。系统可用 3 种方式来创建不同的专题地图。

范围值专题图。允许用户根据属性数据库的某一数值型数据，按值的范围将其分类，每类用不同的颜色渲染。如各地区人口分布图。

独立值专题图。允许用户为属性数据某一字段的每一个惟一值提供不同的颜色和符号。如水系类型图。

等级符号图。它适合于数值型数据，它使用符号来代表不同的值，它以显示符号的大小来指示地图对象具有较高或较低的数据。如工业中心等级图。

(4) 信息查询

信息查询包括图形与属性间的双向查询和一般属性查询。

图中查属性数据。用鼠标单击图形对象，该对象闪烁显示，并弹出属性窗口，在窗口内显示其属性数据。

从属性数据查图中对象。在查询对话框中输入属性值，系统查找出符合条件的图形对象，并在图形窗口中闪烁显示。

一般属性查询。在表达式书写框中输入结构化查询语句，在属性数据库中查询信息。

多媒体播放和显示可以使用 MCI 指令，调用系统解压缩算法对视频、音频媒体进行操作。利用程序中的 Windows API 函数，通过媒体控制连接（MCI）来播放动态视频文件。在系统操作中，只要用鼠标单击图形，如果有与该图形相对应的视频文件，则系统调用播放程序进行播放；如果有图形或者超文本文件，则系统可调用 Web 浏览器进行显示。

(5) 数据管理

数据库操作主要包括：

数据库增加。即在原有数据库基础上，可以增加一个对应于当前专题图的新的数据库。

数据库删除。将选定的数据库删除。

数据库结构修改。

数据库恢复。

资料维护主要是对数据库进行数据录入和编辑，包括：

记录插入、追加和删除。

单元格内容的编辑。

数据剪切、复制和粘贴。

撤消和恢复。

数据格式检查。

(6) 图形设置

可根据需要，对地图添加注记，改变点、线、面的样式，改变图形颜色，设置是否显示图例窗口。

(7) 图形打印

能用打印机或绘图仪器以任意比例输出各种专题图。

(8) 人机交互界面及地图操作

系统界面应具有 Windows 风格，由主控菜单、快捷按钮、视图区组成，实现灵活的操作功能。用户通过鼠标，结合系统提供给用户的操作提示，完成包括地图编辑、放大、缩小、漫游、全景等操作功能。

4. 系统实施

根据用户需求, 数据建设力求达到内容新、全、实用。数据形式包括地图、多媒体数据和统计数据。

系统的空间数据源应包括:

全要素地形图;

街区图;

全要素城区地形图和地名图;

专题图, 主要有城区的交通、旅游和主要的机构分布图等;

各种规划图件, 包括国家级生态区生态经济分区图、城镇生态工程规划图、生态工业规划图、内河整治生态工程规划图、海岸生态工程规划图、自然生态保护工程规划图、生态旅游规划图等。

其他属性数据有:

社会经济数据;

自然资源与生态环境数据, 如水系图包括水系名称、长度、河宽、水深、最大汛期流量、最高水位等。

属性数据库与专题图一一对应。属性数据库建立时应确定与其对应的专题图和用户标识, 通过用户标识建立专题图和属性数据库的联系。一个专题图可以对应多个属性数据库, 但一个属性数据库只能对应惟一一个专题图。

多媒体数据主要包括各专题图的照片、文字描述信息, 音频和视频信息及超文本文件。由于数据表格无法实现对这些数据直接存储管理, 即将这些数据文件组织起来存放在一定的目录下, 形成多媒体数据库。因此为实现对这些数据的管理, 需要在数据库表格中增加一个字段, 用来记录多媒体数据文件名, 这样通过检索数据库表格的字段就可以找到图形所对应的多媒体文件。

我国已建立了多个生态示范区, 如广东省中山市。中山市国家级生态示范区地理信息系统, 以目前市场上最受欢迎的嵌入式 GIS 开发工具 MapObjects 为核心, 结合 VB 程序设计语言进行开发。通过全面收集中山市生态环境及其背景资料信息, 能直观地进行信息显示、查询、统计、分析、演示和汇报, 实现图形、图像、报表、文本的采集、编辑与打印功能。能为中山市国家级生态示范区的规划、管理及自然环境与社会经济可持续发展提供实时、直观、动态、全面和科学的信息服务和技术咨询。

5.3 基于 GIS 平台的城市规划信息系统

城市是经济、政治、文化汇聚的中心, 城市的不断发展使城市信息的种类和成分越来越复杂化和多元化, 其中有 75%~90% 的信息是地理信息。GIS 技术作为对空间分布及其有关信息进行存储、管理、分析的一项综合性信息技术, 为城市建设的定性、定量、定位化和科学化, 以及城市信息的快速查询与分析提供了先进的技术手段。城市从整体统筹规划到分区和小区的建设管理都正朝着自动化的方向发展。

5.3.1 城市小区规划应用系统的建立

城市小区规划管理是城市建设管理的一部分。分区规划管理信息系统和小区专题GIS应用系统是城市GIS应用系统在城市中的深入发展和应用,具有有限应用目标和专业特点,能和总体规划管理很好地衔接。近几年,一些城市已开始着手建立各种目的的专业管理信息系统,如房产管理信息系统、土地管理信息系统、道路交通管理信息系统等。城市小区GIS应用系统的开发主要应用于城市小区建设的管理。

1. GIS在城市小区建设管理中的应用特点

城市小区GIS应用系统是为特定的城市小区建设管理部门决策服务的实用型地理信息系统,一般具有应用目标、专业特点和一定规模。这种系统直接为城市小区建设者和社会公众服务,以提高建设者与管理者的管理决策水平。城市小区GIS应用系统一般都是以基础GIS软件为开发平台,使用其二次开发语言,并在系统中加入应用模型甚至知识库来实现。

城市小区GIS应用系统与其他GIS应用系统的共同点是:二者都是基于空间数据处理的空间型信息系统,具备能进行空间数据管理与处理的基本组成和服务功能。但由于城市小区各部门空间分布相对集中,经济基础、技术力量相对薄弱,投入资金及信息量相对较小,系统服务管理决策层次和决策管理应用特点不同,因而决定了GIS在城市小区建设管理中的应用具有自身的特点。

(1) 设计目标

城市小区GIS应用系统的制作应充分考虑系统在未来我国“信息高速公路”网中的地位与作用,充分考虑系统与城市分区以及整个城市信息系统间的衔接,保证上下级决策管理中的信息交换与共享。

(2) 数据库设计

应保证系统有可靠的数据源,数据源应具有足够的灵敏度(数据的详细程度)和完整性,并且具有较高的数据精度,这就要求数据输入时应有一套保证精度的数据预处理方法。

(3) 系统工程技术要求

城市小区GIS应用系统的开发不仅要考虑系统的技术指标和国家现有的规范与规程,还应充分顾及用户的实际情况,有着特定的技术目标、技术方法、技术规范标准和技术模式,并能适应城市小区运行环境的变化。系统开发应选用适当的方法和灵活有效的作业流程,设计切实可行的技术路线,制订合理正确的规范标准,确保系统建设的顺利进行。

(4) 系统功能开发

系统功能开发应充分顾及城市小区规划管理决策的特点,在运作方式、资金投入、人才技术水平等方面与用户的实际应用相对应。

(5) 系统规模

系统应充分考虑用户需求、系统目标、功能组成,选用相应的软硬件配置,一般采用微机或工作站/服务器的微机网络。

2. 城市小区GIS应用系统的组成与结构

(1) 城市小区GIS应用系统的物理组成

西方一些学者 (Andrew U. Frank 等人) 认为 , 地理信息系统由使用它的机构和人、地理数据、GIS 硬件与软件 4 部分构成。城市小区 GIS 应用系统在物理组成上也可相应地分成 4 个部分 , 如图 5-5 所示。

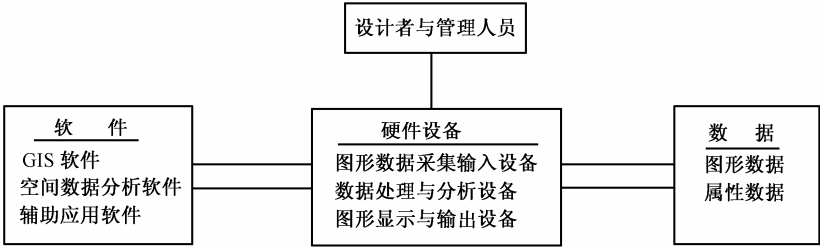


图 5-5 城市小区 GIS 应用系统的物理组成

- 硬件：由图形数据采集输入设备、数据处理与分析设备、图形显示与输出设备组成。一般包括图形数字化仪、工作站或微机、数字化仪等。
 - 软件：包括 GIS 基础软件、空间数据分析软件以及辅助性的应用软件。智能化的系统还包括知识。
 - 数据：由城市小区各部门提供的各类图形数据与属性数据。
 - 人员：开发和使用硬、软件和数据的设计者与管理人。
- 其中，人是最主要的组成部分。系统硬软件的使用和数据的分析处理均由操作者完成，操作者必须掌握计算机技术知识以及与 GIS 有关的理论和技术。

(2) 城市小区 GIS 应用系统的逻辑结构

城市小区 GIS 应用系统一般都是以工具型 GIS(包括 GIS 的一些通用功能) 为开发平台，通过其中的二次开发语言和在系统中加入应用模型甚至知识库而开发的。系统的逻辑结构如图 5-6 所示。

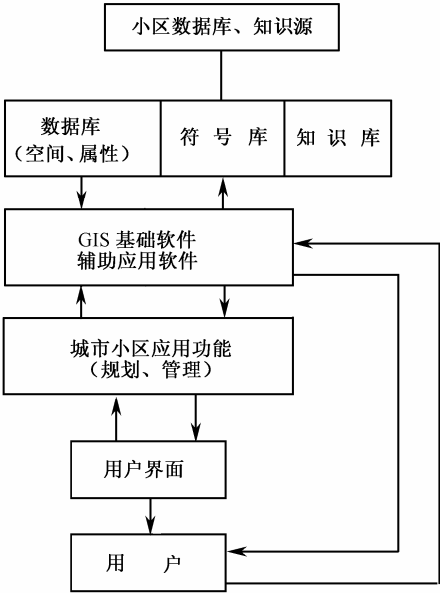


图 5-6 城市小区 GIS 应用系统逻辑结构图

其中的数据源主要从测绘中获得。由于小区范围相对较小,系统的数据库一般来自大比例尺测图,图形数据的精度要求更高,系统按具体的应用目标获取数据。GIS 部分则主要指工具型 GIS 软件与辅助的办公管理信息系统软件,包括空间型系统和智能型系统,即以知识和模型驱动的空间决策支持系统(SDSS)。用户既是系统运行的操作者,又是知识的供应者。

(3) 城市小区 GIS 应用系统的设计与功能开发

城市小区 GIS 应用系统应根据具体的应用目标,配置好系统硬件、软件环境,设计相应的城市建设管理数据库模型。考虑到应用模型的添加,对所采用的数据标准和质量要求建立相应的文档。系统总体设计应考虑系统的完备性、兼容性、可靠性与适应性,应按系统的标准化原则进行。标准的涵义有两层:一是指系统设计应符合城市 GIS 的基本要求与标准;二是指数据标准应参照现行的标准与规范设计。

城市小区 GIS 应用系统总体设计的内容包括:

系统目标的确定,包括城市小区中各个专题的应用研究。根据不同的应用目的进行需求分析,确定出系统要达到的要求和目标。

系统结构设计,一般包括系统逻辑结构与数据库的结构设计。

系统配置,包括硬件、软件以及组织管理机构与人员的配置。

城市小区 GIS 应用系统功能,一般通过开发应用系统的方式实现。应用系统一般以商用 GIS 软件为平台,再经二次开发而实现。对特定的专题进行用户需求与功能分析、选择合适的开发工具是应用系统设计的关键。“二次开发”的主要工作在于设计商品化软件与具体应用相结合的用户界面。一般来说,选择可视化功能强大的桌面 GIS 软件,更适合小区办公自动化管理。

5.3.2 基于 GIS 平台的山区城镇选址信息系统

我国是一个多山的国家,山地面积辽阔,自然环境复杂,自然灾害频发,灾情严重,成为山区经济建设中所面临的重要问题。山区城镇多数交通不便,普遍存在着地形坡度陡、植被稀疏、地貌上高山和深沟相间、河流冲刷作用强烈等特点,所以比较容易出现建筑物地基条件较差、基础不均匀沉降、水土流失、斜坡不稳定(崩塌、滑坡)以及泥石流等环境地质问题。这些问题一方面制约了山区城市规模,另一方面使得工程建设的造价偏高,所以工程建筑的合理选址成为山区城镇规划和发展的核心问题。

中国地质大学信息工程学院利用 MAPGIS 的二次开发库,建立了山区城镇选址信息系统。采用地理信息系统对工程建筑进行合理地选址,可以减轻传统方法的繁杂劳动,做到省时、省力、准确。

1. 山区城镇选址信息系统的设计

基于 GIS 平台的山区城镇选址信息系统,是在工具型 GIS 基础上开发的运行于中文 Windows 环境下的应用性分析型系统,其总体结构如图 5-7 所示。

2. 模型子系统

为了揭示地质条件各要素之间的内在联系、空间和地理分布情况,找出其内在规律性,往往需要根据其所反映的信息的数量、质量特征,并借助于一定的数学方法和公式进行分析

或模拟其过程。下面介绍两种数学模型。

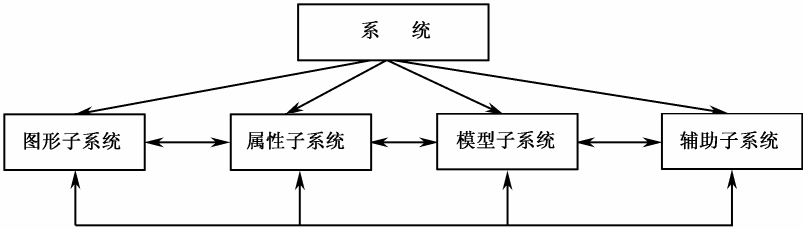


图 5-7 系统总体结构图

(1) 适宜性分析模型

适宜性分析是指针对土地的某种特定开发活动的分析，这些开发活动包括农业应用、城市化选址、作物类型分布、道路选线及选址等。因此，要建立适宜性分析模型，首先需要确定具体的开发活动，其次是选择其影响因子，然后是评判某一地域的各个因子对这种开发活动的适宜程度，作为土地利用规划决策的依据。

(2) 位址选择模型

位址选择是按照规定的标准，通过空间分析的方法，确定场址、电站、管线或交通路线等的最佳位置或路径。

位址选择考虑的因素一般包括环境、工程和经济 3 个方面。首先考虑的是环境因素，包括主要的文化活动区、经济区、工业区等；其次考虑的是工程因素，包括地形条件、岩土性质、区域环境特点等；最后是经济因素，包括开发成本、供水条件等。只有首先考虑环境因素，才能识别出一般的位置，然后进一步研究工程的经济因素，从中筛选出优先考虑的位置，最后通过详细的环境和工程的综合论证，确定出 1~3 个最佳的选址方案。一般建立位址选择模型分为数据准备阶段、影响因子研究阶段、综合影响的评价阶段以及选址分析阶段。

3. 山区城镇选址信息系统简介

系统主要考虑场址区的工程地质条件，土地利用现状，距离河流和道路的距离等因素。首先让决策者给定场址区的大小（包括：所需场地 X 方向长度、Y 方向长度、选址间距、底图比例尺等），设定场址区必须符合的条件（包括：对场址区地形坡度的限制，到河流和道路的距离限制等）。接着可进行场址区的预选，系统将给出符合条件的所有小区，并给出每一小区的基本情况（包括：场址区内最大高度、最小高度、平均高度、最大坡度、最小坡度、平均坡度等）。下一步决策者可进行进一步的确认工作，以选取自己中意的场址。系统还应提供所选场址区的工程量的计算结果以及其工程地质条件和所占用土地现状的材料。

5.4 生态环境监测信息系统

我国生态环境日益恶化，因此，如何在保护和改善生态环境的前提下发展生产已经提到了决策者们的议事日程上来。新疆大学刘志辉教授等人紧密结合塔里木河流域生态环境的实际，研制了一个集塔里木河流域生态环境信息管理、数据库管理、生态环境各要素的实时监测、时间和空间查询分析、系统帮助等多功能为一体的生态环境监测信息系统。该系统可以

满足实时动态、分时段监测、查询和分析的要求。

5.4.1 系统开发的基础

1. 技术基础

系统以 VB 为开发工具,考虑到 Geomedia 的数据兼容性很强,功能强大,最重要的是它提供的开发工具易用、灵活,可移植性强,所以选择 Geomedia 提供的 Active X 控件进行开发。通过对其属性、方法、事件的操作,实现 Geomedia 管理图形、图像和数据的几个主要功能,包括显图及图元数据、对地图进行查询检索、修改图元属性等功能。运用的主要控件有 Map View, Data View, Event Control。

2. 数据基础

系统的数据基础为塔里木河流域经数字化后的专题地图、卫星遥感图像,实时的水文、气象、墒情等数据,由此建立起塔里木河流域生态环境信息数据库。除此之外,该数据库中还包括多年积累的塔里木河水文、气象、地质、地貌、土壤、植被等资料。这些数据有一个共同特征,就是统一的标准数据格式。

5.4.2 系统功能结构

系统功能结构图如图 5-8 所示。下面分别介绍各个子系统的功能设计。

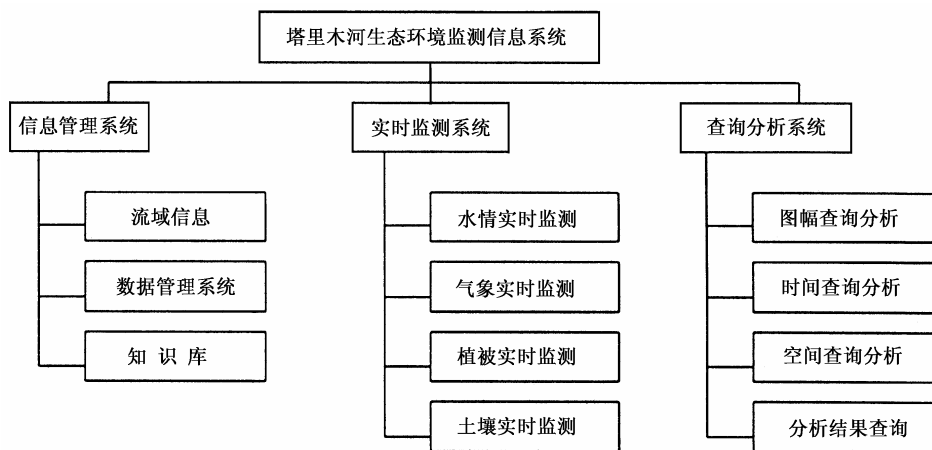


图 5-8 塔里木河流域生态环境监测信息系统功能结构图

1. 实时监测子系统

运用 GIS,对塔里木河流域的水情、气象、土壤、植被等要素进行实时数据录入和实时信息显示。能动态、实时、准确地以文本、图表等形式显示和打印输出数据分析结果。此外,利用 GIS 技术和遥感技术将最新遥感图像和不同时期的图像进行叠加,以直观的形式将流域水系、土壤、植被类型的变化情况表现出来。

该系统包括水情监测、气象监测、植被监测、土壤监测 4 个功能模块。

(1) 水情监测

该功能模块是基于多年来积累的塔里木河流域水文资料,根据用户选择的水文气象观测站和生态观测站、监测方式、监测内容,将水情历年和给定时间间隔的变化情况直观地以图表的形式显示出来,或以文本方式对其进行总结描述,使用户对塔里木河的水情变化情况及其趋势有一个全面、细致的了解。它也提供了最新数据录入的窗口,用户可以随时输入最新的水文数据。该模块是作为流域防洪、配水决策的支持系统而设计的。

(2) 气象监测

该功能模块是基于多年来积累的塔里木河流域气象资料,根据用户选择的气象站、监测方式、监测内容,对其进行分析对比,将气候历年变化情况直观地以图表的形式显示出来,或以文本方式对其进行总结描述,使用户对塔里木河的气候演变情况及其趋势有一个全面细致地了解。它也提供了最新数据录入的窗口,用户可以随时输入最新的气象数据。该模块是为研究流域气象气候演变规律而设计的。

(3) 植被监测

该模块是基于多年来塔里木河流域的航空、航天遥感图像资料,对流域内植被类型的演变情况进行实时监测对比。具体表现为,根据用户的需要将表示同一地区不同年份的植被类型分布图叠加,可以对植被变化情况进行直观地、准确地分析和图形输出。此外,还可以输出文本方式获得详细分析结果,如某一类型植被面积的变化量等。

(4) 土壤监测

该模块是基于多年来塔里木河流域的遥感图像资料,对流域内土壤类型的演变情况进行监测对比分析。具体表现为,将表示同一地区不同年份的土壤类型分布图叠加,可以以图形和文本方式对土壤类型、土壤成分和土地利用类型及面积等变化情况进行直观、明确地表示,如某一类型土壤水分、土地利用类型及面积的变化量等。

2. 信息管理子系统

利用现代多媒体技术,以大量文字和数据信息的方式形象直观地反映流域的地质、地貌、气候、土壤、植被、水文、土地利用现状等。数据管理系统可随时录入、修改和查询上述文字和数据信息,并生成和输出所需的各种报表、图形,可查询和管理各类图件。

(1) 流域信息

系统利用现代多媒体技术,采用清晰的图像画面、优质的声音和变化丰富的视窗,将塔里木河流域的水文、气候、地质、地貌、土壤、植被以及经济等信息生动、直观地表现出来,并配合大量最新的文字和数据信息,以达到信息接收的及时、准确、有效,同时也具有图、文、声并茂的效果。

(2) 数据库管理系统

系统数据库是生态环境监测信息系统的基础,负责对本系统所涉及的数据和信息进行统一、有效地管理,并和其他子系统建立相应的关联,以达到数据资料的共享。

(3) 图形库管理

第一类是基本图:包括分区地形图、DEM图等;第二类是专题图:水文、气候、地质、地貌、土壤、植被分布图,等水量、等径流深、等蒸发量线、土地利用等专题图。两类图数据量大,信息准确可靠,极具参考价值。

(4) 基本数据库管理

数据库中存储大量的文字信息以备用户查看之用，用户也可根据需要随时任意添加或修改数据信息。数据录入、修改、编辑灵活简便。多媒体信息形象直观生动地表现出塔里木河流域生态环境的各类信息。

3. 查询分析子系统

由图 5-9 可见，查询分析子系统可根据图幅、时间、空间等条件对流域的各个要素进行查询分析并直观地反映分析结果。按图幅查询是把流域按经纬度划分成若干个区域，点选某个区域可获得该区域的遥感监测资料。按时间查询，通过选择时间和区域以获得当时当地或某一时段的遥感监测资料，从而有利于遥感图像的分析处理。空间查询则是根据点选的图元，获得该图元的属性，或根据用户双击所选择的区域（如行政区），获得该地区的详细图形。

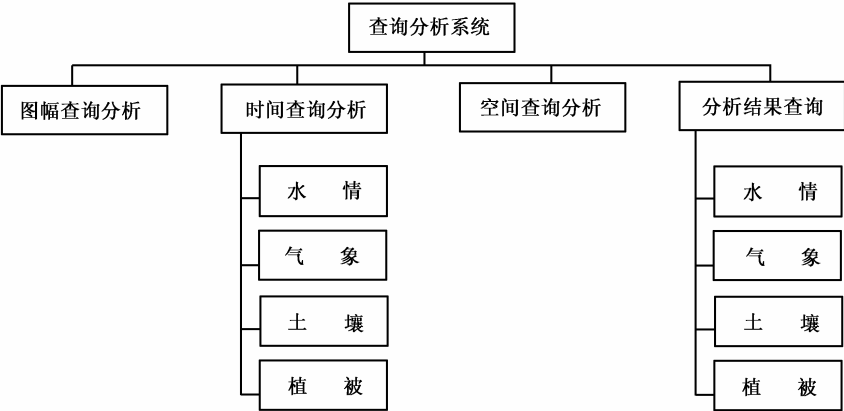


图 5-9 查询分析子系统总体逻辑结构图

(1) 图幅查询分析

利用现有的流域地图，把流域按经纬度分成若干个区域，点选有生态环境资料的区域，可以显示该区域的最新的塔里木河流域生态环境的遥感监测图像资料。图像资料存储于塔里木河流域生态环境信息数据库中。遥感监测资料的更新通过对数据库的更新来完成。通过比较各区域的遥感监测影像数据的解译处理，获得塔里木河流域生态环境现状信息，对生态环境做出评价和提出保护措施。

(2) 时间查询分析

本系统分别对塔里木河流域生态环境的 4 个方面，即水情、气象、土壤、植被等要素进行按时间查询分析，获得某一地区当时或某一时间段的生态环境遥感资料。

水情

将塔里木河流域划分成不同的区域，每一区域历年有水情遥感图像的资料均存储在后台数据库中。点选图中该区域，选择要查询的时间段或某一时刻，即可显示该区域在此时间段或此时刻的水情遥感信息资料。可像 ACDSsee 查询一样，水情查询可方便地查找到列表中的遥感资料，从而有利于研究塔里木河流域历年的水情信息，从中相互比较、了解和分析塔里木河流域的水情演化的趋势和待解决的问题。

气象

影响塔里木河流域生态环境的气象因素主要是流域的降雨量和流域的蒸发量。针对塔里木河流域不同的区域,点选该区域,选择要查询的气象遥感资料的时间段,即可看到该区域在这一时间段的气象遥感资料。通过对降雨量和蒸发量的遥感专题地图进行比较,从而直观地推求出历年各个区域的水量供求关系和水量平衡关系。

土壤

可以利用航空航天遥感图像资料制成的土壤的专题地图中图斑的颜色来判断土壤类型。这些专题地图也存储在后台数据库中,选择区域和时间,即可查询。通过新旧资料的对比,可以直观地分析出塔里木河流域土壤类型的变化和荒漠化的面积。

植被

植被可以直观综合地反映塔里木河流域生态环境的发展变化,与水情、气象、土壤等多个要素密不可分。通过时间查询,可获得某一时段的植被专题地图,通过对比可以明显地看出生态环境的变化。

(3) 空间查询分析

将塔里木河流域的行政区划图数字化后,转化为 Geomedia 格式的图元文件,并将其存储为 Access 数据库文件。通过 Visual BASIC 6.0 的开发平台,利用 Geomedia 提供的 GMMMap View 和 Event Control 控件以及它们的类型库 tlb,可以像 Geomedia 一样实现对地图进行放大、缩小、匹配、视图居中等操作和图元的信息查询。利用 Visual BASIC 6.0 本身提供的数据库操作方法与 Geomedia 提供的 GDO 数据操作方法,对点、线、面图元进行单击,可以像 Geomedia 一样使该图元加亮,并弹出该图元的属性信息;或双击面图元(如行政区),获得该区域的详细地图和该地区的属性信息。通过对该地区进行重复操作,可使地图无限放大,从而实现无极放大的目的。

(4) 分析结果查询

将塔里木河流域的遥感资料分成不同的区域,对同一区域的不同时间的遥感图像资料进行分析叠加,形成某一区域的差值图,将其存储在后台数据库中。利用 Visual BASIC 6.0 和 Geomedia 的 Active X 控件,实现一些 Geomedia 常用的操作(如放大、缩小、匹配视图等)。点选面区域可以查询该地区的差值图,也可以对同一要素点选不同的区域进行比较分析,从整体上确定塔里木河生态环境有所改良或恶化的区域,为塔里木河治理提供参考方案。差值图分成水情、气象、土壤、植被 4 类,通过点选不同的菜单项可以查询不同类别的差值图。因差值图存储在数据库中,可及时更新和补充。

5.5 水土流失动态监测网络系统

实施水土保持是国家可持续发展的一项基本国策。建立我国水土流失动态监测网络系统,这对全国水土保持规划的实施以及各流域治理工程进行科学的审查和管理具有十分重要的意义。建立动态监测网络系统,将促进水土保持管理的定量化、系统化、网络化和实时化。水土流失动态监测包括具体监测和总量监测两个层次。前者监测小流域或一个个地块局部的变化,为经营和治理服务;后者监测全国、全省、全地区水土流失的总量,为规划决策服务。运用空间数据库引擎和 Map Objects 的系统开发工具,构建国家级、省级、地区级水土流失动态监测网络系统,可以有效地集成土壤侵蚀调查遥感图像数据库、土地利用现状图形数据

库、水土流失现状图形数据库、水土流失动态监测数据库和相关的基础地理数据库以及土壤侵蚀各类地学因子数据库。

5.5.1 基于 Arc/Info 的土壤侵蚀遥感调查与数据采集

1. 遥感图像判读指标

遥感图像判读指标可根据《土壤侵蚀分类分级标准》和相关“技术规程”而制订。根据 TM 图像的光谱分辨率、空间分辨率及影像纹理结构等影像要素的综合解像力,按土壤侵蚀主导地学因子在 TM 影像中所构成的各类图像标志,从地区土壤侵蚀现状和特点出发,参考有关土壤侵蚀与水土流失、生态环境建设工程可获取的观测数据(流失量、产流量、侵蚀强度等),分地质条件、地貌类型与坡度等级、土壤条件、植被覆盖条件、社会人文条件,并参考各地区气候带、降雨量、农业气候分区数据资料,制订了 TM 图像土壤侵蚀强度分级的指标。主要地学因子及其判读指标如下。

(1) 地质岩性条件

地质构造分区与岩石类型分布,既制约了地理单元区的成土过程及母岩的物化性质,又影响了该地区的土壤侵蚀作用的过程和效果。因此,在相同气候带情况下,它反映了该区的土壤类别及土壤生态分区条件。

(2) 地貌类型与坡度分级指标

运用 TM 图像形态标志详尽地解译并划分出不同尺度的地貌单元及边坡结构。判读指标如下:地质地貌类型分为河网型平原与河谷川地;地质低丘岗地(以农耕为主)与石质丘陵(农耕与人工林兼容);陡坡型石质丘陵可进一步分为泥岩盖顶丘陵(丘上多耕地)、砂砾岩盖顶丘陵(丘上多荒地);平行岭谷低山区谷地为农耕地,坡地为林灌草地,随人口密度的增加(运用影像上村镇密度及规模大小间接指标进行判读评估),耕地向坡地侵进;块状低山区与中山高地貌单元(具峡谷地貌、深切沟地貌);花岗岩地貌等。

(3) 坡度分级判读指标

按“标准”要求分成相应等级。利用坡度尺对地形图进行分类,再将分类结果在 TM 图像上依据影像地貌结构特征进行判读勾绘,形成覆盖层。

(4) 土地利用类型及判读指标

利用土地利用现状(1995年及2000年)分类的 Arc/Info 数据覆盖层,在土壤侵蚀强度分类中,参照有关文献及前人观测的数据及分类指标数据。影像判读指标的制订以耕地、草地为重点,结合图像色调、形态、地块及其影纹结构标志,定量或半定量地判读不同的土地利用类型和土地适宜性条件对土壤侵蚀强度的影响,进而对地块图像侵蚀强度等级进行图形及属性编辑

(5) 植被覆盖指数及判读指标

在丘陵—中低山地区,对非耕地林/灌/草地的覆盖密度(指数)可以通过多光谱图像的信息提取处理或目视判读,获取有关植被覆盖类型和覆盖密度(指数)的分类数据。植被覆盖指数可分成不同等级体系。

综上所述,土壤侵蚀遥感调查分类的地学因子是由多种地表因素所决定的,概括起来主要有气象、植被、地形地貌、地表组成物质和人类活动等。这些因素对土壤侵蚀的控制作用

错综复杂，它们的综合作用决定了土壤侵蚀的发生与发展。在遥感图像上除气象因素外，影响土壤侵蚀的主要因素都有不同程度的显示，且记录了土壤侵蚀的最终生态景观特征。

2. Arc/Info 土壤侵蚀图形及属性数据采集

在 Arc/Info 下，以遥感图像为地理专题数据采集的信息源，运用图形编辑工具，分图层采集土壤流失地学本底数据。作业流程如下：

(1) 制订遥感图像解译和侵蚀强度分级判定指标。依据《土壤侵蚀分类分级标准》，对照 TM 图像的影像特征，拟定判读指标和分类方案；制订土地利用分类“ID”与土壤侵蚀强度分类“ID”之间的对应关系并进行转换；制订地形坡度与土地利用类型（含林、灌、草覆盖类型及覆盖率）双向标准与土壤侵蚀强度分类的判读分类和 Arc 弧段界线勾绘依据；制订岩石类型、土壤类型、土壤生态带在土壤侵蚀强度分类中的判读标准和界线勾绘依据；参考有关文献资料和土壤流失观测数据，制订不同流域、不同地貌单元、不同土地利用类型、不同植被覆盖类型和覆盖率的影像标志与土壤侵蚀强度分类的指标体系与对照表。

(2) 分图层解译勾绘土壤侵蚀地学影响因子本底数据图层。即有岩性分类图；地形坡度分类图（6 个等级）；植被覆盖指数图层；土壤生态带图层；水系及其开析度图层；土地利用现状图层等。通过反复作业，初步建立并逐步完善了 TM 图像土壤侵蚀强度分类分级相关的地学要素（岩性、土壤、土地类型、植被覆盖类型及覆盖率、地表面蚀与沟蚀强度）的影像解译标志和分类判读指标。

(3) 在 Arc/Info 的 Arc Edit 模块下，将 TM 图像土地利用分类图、坡度分类等图层图作为背景，解译勾绘土壤侵蚀强度等级分类多边形界线，并编辑其 ID 码。制订 Arc/Info Edit 模块下的作业规范与分类勾绘图工作细则。

(4) 编辑 Arc/Info 多边形并造区，建立空间拓扑关系，转换 Info 表为数据库文件。在 Arc/Info 下进行有关作业的二次开发，编写有关 AML 源代码程序。利用 FoxPro 等编写土壤侵蚀面积统计和打印程序，输出分类结果与统计数据。

(5) 作业规范及细则：根据土壤侵蚀分类指标和影像标志，对转换后的每一个多边形逐个进行核对、编辑；利用背景图层的界线和分类信息，对土壤侵蚀分类多边形进行边界修改（状态：弧段、多边形、标识号等）、分解、合并等项作业；对未直接转换成土壤侵蚀强度 ID 号的多边形进行全面判读和分类；建立空间拓扑关系；将 Arc/Info 的 Info 表转换成数据库文件；在 FoxPro 下统计打印各地区数据。对各地区的侵蚀强度解译标志，分类分级指标；对各侵蚀类型面积统计数据的合理性、可信性和实用性进行评议和评价，并反复修改；完善图像识别标志、分类分级指标的修订工作，从而有效地提高分类精度。中国地质大学薛重生教授研发的湖北省水土流失数据采集作业流程如图 5-10 所示。

5.5.2 湖北省水土流失动态监测网络体系结构与管理信息系统

近 20 年来，水土流失动态遥感调查与监测网络系统的建设工作，经历了从定性调查到遥感图像目视解译调查，从 Arc/Info 遥感地理信息系统的基础数据采集到构建基于空间数据库和 3S 技术的遥感动态监测网络系统的建设，不断地引入新技术，大大提高了水土保持工作的科学技术含量和技术创新成分。薛重生等人建立了湖北省水土流失动态监测网络。它既是一项水土保持规划管理信息工程，又是一项政府公办决策支持系统。

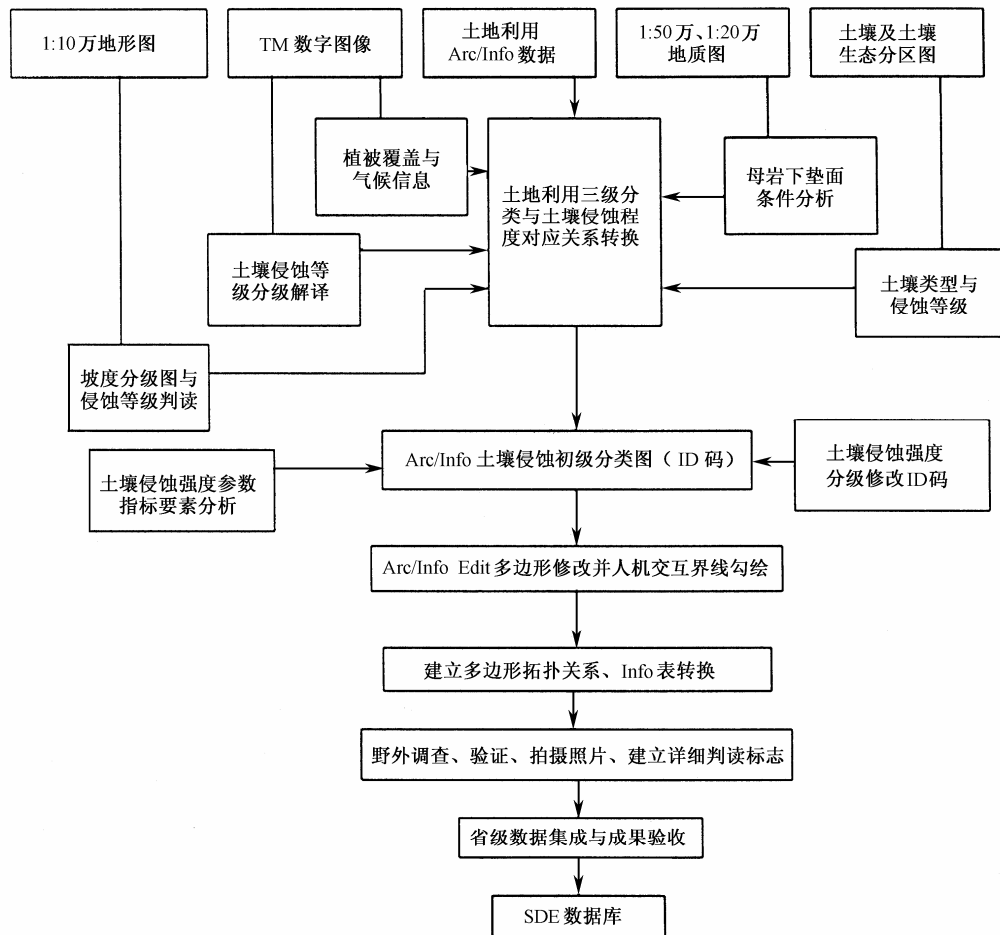


图 5-10 湖北省土壤侵蚀遥感与数据采集流程图

1. 水土流失动态监测基础数据层

基于 SDE 数据库引擎技术，系统设计并构造了 6 个基础数据层：

- (1) 基础地理信息数据层。包括 1:25 万数字地形图、DEM 数据（数字高程模型）、河流湖泊水系网数据、交通数据、居民地数据、境界数据（县市行政境界，分水岭境界）等。
- (2) 土地利用现状数据层。包括湖北省 1995 年、2000 年土地利用现状基础数据、土地利用类型、土地覆盖类型等。
- (3) 土壤侵蚀分等分级数据层。包括湖北省 1995 年、2000 年土壤侵蚀类型及侵蚀强度分类数据。
- (4) 湖北省遥感图像数据库。包括湖北省 1995 年、1999 年、2000 年三个时间的 Landsat-TM 彩色合成图像数据。
- (5) 湖北省水土流失动态监测数据层。系统首先建立 1995~2000 年水土流失动态数据图层与各类统计数据。
- (6) 湖北省水土保持规划设计数据层。包括土壤侵蚀模数区划、水土流失监测区划、省级—地市级水土保持区划和规划、小流域水土保持规划等数据层。

2. 系统体系结构与运行环境设计

(1) 系统体系结构分析

系统结合了 GIS, MIS, OA 技术的特点, 通过分布式网络结构与可装配式结构, 将管理对象、图形数据及通信有机集成于一体, 具有强大的柔韧性和整合性。支持 Internet (Internet 局域网) 上的分布式应用, 可以实现空间信息的分布式处理, 提高了数据处理的速度。

支持浏览器/Web 服务器模型, 可通过浏览器浏览、查询数据。基于客户/服务器 (Client/Server) 模型, 具有很强的可伸缩性, 支持三层和双层两种不同的工作模式, 支持多用户操作, 数据更新实时。

(2) 系统开发与运行环境

系统界面以 ESRI 公司的 Map Objects 作为开发工具, 采用面向业务管理功能模块的界面形式。由于系统是构造在 LAN 与 Client/Server 体系架构上的, 且系统的运行环境是在 ESRI 的 SDE 平台和 Oracle 数据库平台上的, 因此系统完全支持数据文件的检索、查询、浏览和转换。SDE 采用的是客户/服务器体系结构, 区域网用户可同时针对同一数据进行操作。

在服务器端, 安装 SDE 服务器管理程序、关系数据库管理系统和上述 6 个基础数据层的实际数据。服务器在本地执行所有的空间搜索和数据提取工作, 它将满足搜索条件的数据在服务器端缓冲存放并发回客户端。SDE 采用协作处理方式, 处理作业既可在服务器端, 也可在客户端, 且客户端运行作业可以基于多种软件平台和环境。

SDE 数据库引擎在系统中的基本功能如下:

数据库连接与数据集成。

数据库查询功能 (SQL 查询, 空间查询, 空间与属性联合查询等)。

对查询结果进行数据打包 (对 GIS 数据进行打包, 生成 Shape 格式文件; 对图像、文档、数组栅格地图、DEM 数据进行打包, 特征属性数据输出等)。

对 SDE 数据进行管理 (设置可编辑区域, 创建或增设数据项, 对数据表进行各种增加、删除、修改等)。

(3) 系统主要模块

系统构架是基于对全省土壤侵蚀、水土流失、水土保持、耕地、林地、草地总量和水土流失动态监测分析和规划决策。主要功能包括: 遥感地理信息数据采集系统, 抽样调查系统, 水土流失地学因子空间分析系统, 水土保持数据库系统和决策支持系统等。

对数据的处理功能包括: 基础地理信息数据采集, DEM 三维地貌模型数据生成与坡度分析, 土壤侵蚀强度变更调查与土地适宜性评价, 基于 Internet 技术水土流失信息管理系统, 数据变更与数据库更新, 全省水土流失现状网上数据通信和表格汇总功能。多阶段多等级遥感抽样调查方法, 即省级抽县, 县级抽乡, 乡级抽村 (或相应单元), 村级抽地块和地块调查。用抽样调查结果计算全省水土流失总量。采用简单成数抽样方法, 按 95% 可靠性, 95% 抽样精度, 样点数应达到 150 个以上, 抽样误差小于 3%。小流域水土保持信息管理系统, 包括大比例尺基础地理信息系统制作, 米级卫星数据水土流失信息采集系统, 高精度地块信息制图与土地适宜性评价系统, 小流域水土保持规划高精度空间分析与工程概算系统, 小流域水土保持 5~10 年生态经济效益模拟系统。决策支持系统实现对水土流失及其相关数据进行综合、分析, 预测未来的变化趋势, 在重大问题上为领导提供辅助决策依据 (见图 5-11)。

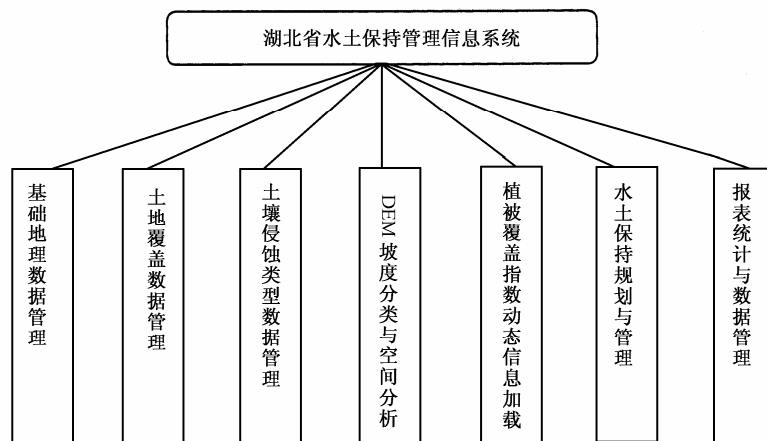


图 5-11 湖北省水土流失动态监测系统功能

5.6 土壤资源持续利用与信息技术

人类面临着人口、资源、环境与经济发展的巨大压力，资源可持续利用与环境保护列入了全球议事日程，其中尤其突出的是土壤资源的持续开发与利用问题。中国应根据国情，制订相应的土壤资源可持续发展战略，深入研究土壤圈与大气圈、水圈、生物圈、岩石圈等其他圈层之间的物质流、能量流、人口流循环的发生与发展过程。土壤资源研究趋势是向系统化、综合化、工程化和全球化发展，以期解决全球性资源与环境问题。随着现代信息技术的发展及其相互间的渗透，逐渐形成了以 GIS 为核心的集成化技术系统，为解决区域范围更广、复杂性更高的现代土壤资源问题提供了全新的分析方法和技术保证。

1. 土壤资源持续利用

人类利用土壤满足自身需要，一方面是指利用土壤创造财富，以满足人类生产和生活的需要；另一方面是指利用土壤改善环境，以满足人类生存的需要。所以土壤可持续利用包含了土地开发、利用、整治和保护等诸多方面。开发是指人类首先通过一定的技术措施将一定的土壤资源投入使用，并将其改变成可使用状态；利用是指土壤开发后，利用土壤的特性来满足某种生产和生活的需要；整治是指土壤利用改良，如平衡施肥、平整土地和水利设施配套等；保护是指为了长期持续地利用土壤，防止土壤质量劣化而丧失某些特性，所采取的某种综合措施，以保持土壤的综合生产能力。因此，土壤的开发、利用、整治和保护是土壤可持续利用过程中彼此联系、相互依赖的 4 个方面，不可偏废。否则将破坏土壤资源，打破生态平衡。如果这种破坏性作用长期积累，就会直接影响到地球上的生命支持系统，对人类自身构成严重威胁。因此，为了保护有限的土壤资源，维持生态平衡，土壤持续开发与利用成为了自然资源研究的重要领域。

由于不同发展水平国家面临的土壤资源问题不同，所以，土壤资源持续利用的定义不同。发达国家侧重生活质量的提高，因而强调资源利用的环保效益；而发展中国家则在提高经济效益的前提下，保持生态平衡，这正符合可持续发展的公平性原则。中国应根据国情，制订相应的土壤资源可持续发展战略。

我国正由传统的农业国向现代化、工业化的国家发展，产业结构将发生很大变化。满足不断增长人口的粮食需求和工业发展而产生了对于土壤的需求，土壤资源在各行业的分配也将发生相应变化。我国的土壤持续利用除保护土壤资源、保证其生产力的持续性外，还应调整各行业用地矛盾，使其用地结构能保证整个社会健康、平稳地发展，这是同发达国家持续土地利用和可持续发展概念不同之处。这是由我国人地关系极其紧张，产业结构将发生巨大变化的特点所决定的。所以我国的土壤持续利用可定义为：“能够满足当前和未来人们粮食需求和社会协调、平衡发展的土壤利用结构和利用措施。”

2. 土壤资源持续利用的实现途径

要实现土壤资源可持续利用，必须深入研究土壤圈与大气圈、水圈、生物圈、岩石圈等其他圈层之间的物质流、能量流、人口流循环的发生与发展过程。物质流是指物质资源在空间和时间上的重新分配，能量流指各种能量的传输，而人口流则预示着社会的发展和变迁。它们形成的根本动力在于土壤圈及地球系统中其他圈层的物质、能量和人流分布不均而产生的位能、势能和压力差。通过对物质流、能量流的研究，我们可以认识社会、经济的发展趋势及其对土壤资源持续利用的影响。正确认识物质流、能量流、人流及载荷的信息流之间的相互关系，有助于理解土壤资源持续利用之本质。信息流与土壤物质流、能量流和人流的关系如图 5-12 所示。

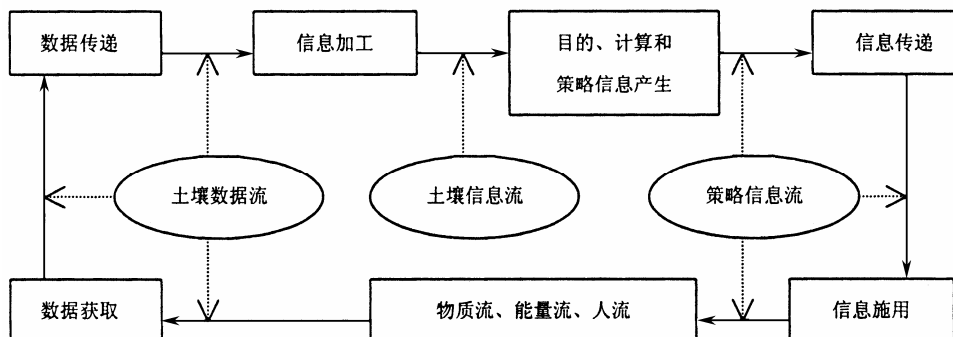


图 5-12 信息流与土壤物质流、能量流和人流的关系

近年来，国际土壤资源研究趋势是向系统化、综合化、工程化和全球化发展，如全球土壤退化评价（GLASOD）和世界土壤与土地数字化数据库（SOTER）计划等，以期解决全球性资源与环境问题。近几十年来，随着人口增多，人类面临的水土流失、荒漠化、土壤板结、养分缺乏、盐渍化、潜育化、土壤与水污染等土地退化问题正在威胁着人类的生存和发展。面对资源环境错综复杂的时空变化，土壤资源研究既要为资源管理和环境规划做出快速反应，提供综合性的辅助决策信息，又要为地学工程提供微观辅助设计的具体数据。为适应新的形势，土壤学家们的研究重心已转移到景观和全球系统的微观与宏观相结合，探索土壤资源的数量、时间与空间变化机理及其与生态环境和人类生存与发展的关系；研究范围延伸到区域、地区乃至全球范围；研究方法手段发展到利用全球变化的卫星遥感（RS）、地理信息系统和全球定位系统等高新技术。为适应这些转变，土壤科学已渗透到环境科学、地理学、信息科学、数学、遥感学、生态学等学科领域。

3. 信息技术在土壤资源持续利用与管理中的作用

此处的信息技术是指卫星遥感、全球定位系统、地理信息系统、数字传输网络等一系列现代信息技术的统称。随着现代信息技术的发展及其相互间的渗透,逐渐形成了以 GIS 为核心的集成化技术系统,为解决区域范围更广、复杂性更高的现代土壤资源问题提供了全新的分析方法和技术保证。

目前,国际上的热点领域是“精准农业 (Precision Agriculture)”技术。其含义是:按照田间每一操作单元的具体条件,精细准确地调整各项土壤和作物管理措施,最大限度地优化使用各项农业投入,以获取最高产量和最大经济效益,同时保护土壤资源和农业生态环境。其核心技术是 GIS, GPS, RS 和计算机自动控制系统。精准农业是信息农业的重要组成部分。其特点是:应用 GIS 将已有的土壤资源和作物信息资料整理分析,作为属性数据,并与矢量化地图数据一起生成具有实效性和可操作性的田间管理信息系统,在此基础上,通过“3S”和自动化控制技术的应用,按照田间每一操作单元上的具体条件,相应调整投入物质的施入量,达到减少浪费、增加收入和保护土壤资源与环境质量的目的(见图 5-13)。

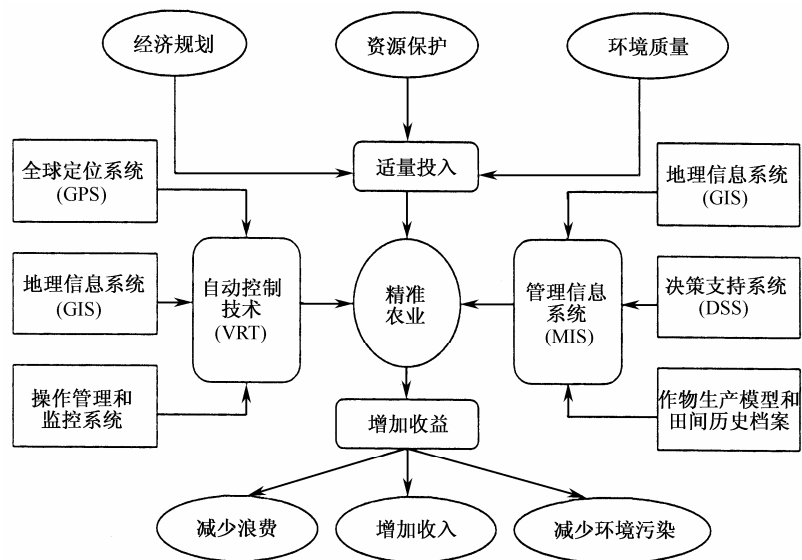


图 5-13 精准农业技术体系

Internet 和 Web 技术的发展开创了以分布式计算为核心的计算机网络新时代,极大地推动了土壤空间数据的传递和信息的传播。地图(包括多种专题图件、电子地图)既是地理信息载体,又是传媒体。尤其是电子地图的出现,极大地增加了地图功能,使得纸质地图更侧重于结果的表现,而将多种信息的存储交给电子地图,并能在网络上快速传输。信息高速公路的发展,使得土壤和其他专业信息的交换发生了革命性的变化;信息表达实现了数字化、多媒体化,而不再仅仅是模拟符号。信息交换的网络化与实时性,促进了广泛意义上的土壤资源信息共享。

4. 土壤资源研究趋势

为实现土壤资源持续利用与管理并适应信息技术高速发展的需要,21 世纪的土壤资源研

究趋势主要集中在以下几个方面。

(1) 建立土壤资源持续利用与管理的指标体系

当前,国际上还没有建立起统一标准和规范的土壤资源持续利用指标体系,这就很难衡量和比较资源的可持续程度,也不便于信息传播和共享,因此迫切需要建立可持续性指标体系与评价标准。指标体系的建立必须综合考虑区域人口、资源、环境与经济 4 个方面的影响因素。

(2) 采取定量研究、长期定位实验和原位测定方法

土壤资源研究正在从定性描述向量化、指标化的方向发展,在土壤的各个分支学科中,模式化已相当普遍地得到应用。长期定位试验研究的结果是这些数据的综合。原位测定方法既保持样品的原状又使测定结果与事件同步;同时在传感技术和模数转换的接口技术支持下,测定结果可直接输入便携式计算机(GIS),快速转化为信息资源。这样产生的理论结论更符合土壤历史自然体的变化规律,故对土壤资源持续利用与管理实践就更具有指导意义。

(3) 宏观与微观协同发展

土壤资源研究的宏观方面包括土壤资源的合理利用、生产潜力的开发、生态环境的保护、水土保持及控制环境污染等,而这些宏观领域是当前土壤学薄弱环节。土壤科学在其微观领域已经取得了显著的成就,今后将在以下几个方面向更纵深发展:植物营养、根际界面、水热变化、微型态、微结构和微区系,尤其重视土壤胶体表面的深入研究。从土壤资源宏观和微观领域的研究内容不难看出,卓有成效的宏观研究是当前“农业—生态—环境—人口”发展的需要,是土壤资源微观研究的目的;而微观研究是宏观研究的基础。只有两者协同发展才能更好地辅助人类合理利用和管理土壤资源。

(4) 对新技术的依赖性越来越大

不管是在宏观还是在微观领域,新技术的应用使土壤资源研究充满了生机。它即可拓宽评价土壤管理的空间和时间尺度进而达到改善土壤资源利用和管理的目的,又可增强人的认识能力,深化对土壤本身物质和运动规律的认识。例如,“3S”技术在土壤资源调查、土壤和植被性状监测、土壤利用与管理等方面的应用;计算机技术在土壤信息系统、土壤水热运动、模式化上的应用;X-衍射及电镜在土壤矿物、土壤微形态、微结构上的应用;气相色谱、等离子、电子探针等现代分析设备在土壤和植株分析上的应用等。

(5) 多学科综合交叉发展

现今的土壤资源研究正在向多学科协同作战的方向发展,包括土壤各分支学科的综合以及与其他学科的交叉。这一发展趋势是由土壤学本身十分复杂而现今土壤各分支学科发展又十分不平衡造成的。土壤各分支学科的综合尤其表现在土壤肥力及管理方面,与其他学科联合则表现在土壤资源合理利用、环境生态保护和植物营养方面。联合的主要学科有生物学、地球系统科学、信息学、气象学、环境科学、生命科学、生态学等,经济学观点也将被普遍采用。

同时,随着土壤资源研究的不断深入以及与其他相关学科的进一步融合,数据和信息量越来越大,对数据采集、处理、更新和分析应用技术的要求,特别是对信息技术的要求越来越高。区域性和全球性的土壤资源与环境问题,是 21 世纪信息技术的重要应用领域。

5. 解决

(1) 空间数据获取技术

GIS, RS, GPS 等数据获取技术的发展已经形成覆盖全球的监测运行系统,是快速获取和更新土壤资源与环境数据的主要技术手段。但目前“3S”技术及其应用尚处于松散的或分开但是平行的结合方式,还没有进入无缝的结合和整体的集成状态。“3S”的整体集成系统,不仅具有自动、实时地采集、处理和更新数据的功能,而且能够智能式地分析和应用数据,为各种应用提供科学的决策咨询,并回答用户可能提出的各种复杂问题,因而是人们所追求的目标。

(2) 空间信息模拟分析技术

GIS 是一个获取、存储、查询、模拟和分析大量地理信息的计算机系统。它汇集来自多方面的数据,按照地理空间框架进行数据管理、查询与检索;通过空间信息模拟和分析软件包进行空间信息的加工、再生,为空间辅助决策的分析打下基础。空间决策支持系统(SDSS)则直接面向土壤资源与环境问题领域,它的任务是在 GIS 有关空间信息分析结果的基础之上产生人类行动的目的、计划和策略信息。因此,如何将 GIS 与 SDSS 有机地结合在一起,以完成区域土壤资源与环境持续利用及管理决策,空间模拟分析技术是值得研究和发展的。

(3) 空间信息传播技术

Internet 上巨大的信息资源使空间数据的传递和信息的传播发生重大的变化,给新一代 GIS 技术重构带来了巨大的机遇与挑战。一是从以应用程序为中心的世界转向以数据为中心的世界,GIS 的空间分析方法也由原理驱动转变为数据驱动;二是从孤立、封闭的 GIS 小圈子进入开放的 IT (Information Technology) 产业的大潮流,采用主流技术的标准与协议,为非 GIS 领域访问空间数据提供便利,实现 GIS 空间数据的互操作性和全关系化;三是从单纯的 GIS 技术转向同各种专业应用相结合,实现 GIS 软件的组件化,使它易于与专业应用软件相链接,进而使之在全球信息基础设施上得到广泛的应用,这对于解决全球性的土壤资源与环境问题十分重要。

思考题

1. 数字地球与数字城市的含义是什么?
2. 简述数字地球的研究内容。
3. 数字城市建设内容是什么?
4. 区域地理信息系统的系统框架如何建立?

第 6 章 GIS 在水污染控制中的应用

6.1 水污染控制规划系统

水污染控制规划是区域环境规划的重要组成部分。而总量控制是水污染控制规划的一项重要内容，是“治本”之道。同时，为了增加水污染控制规划的实用性，为区域水环境管理和决策提供更为科学的依据，概率规划的研究成为水污染总量控制规划的一个重要方向。

通过 GIS 对规划中原始信息（或数据）以及新生成的信息进行合理规范地处理和管理，可促使数据信息在整个规划过程中达到共享。

6.1.1 概率规划模型

计算功能区水域的环境容量是水污染控制规划的一项重要工作。所谓的水环境容量的计算，就是指在给定的功能区水质目标的基础上，根据相应的水文条件，利用合适的数学模型模拟求解出功能区所能接受污染物的最大排放量。水质模型模拟的计算过程中，因河道的径流量为一服从一定概率分布的随机变量，所以水污染控制规划应当在满足一定的保证率条件下进行。概率规划法正是基于以上思路提出来的，以达到水污染控制规划的精确性和实用性。

水污染控制的概率规划原理可以简化为下列表达式（以调控功能区水域的 BOD_5 浓度为例）：

$$P\left(\frac{Q_E \cdot L_E + Q_W \cdot L_W}{Q_E + Q_W} \leq L_C\right) \geq R$$

式中， Q_E ， L_E 分别是单元水域的设计流量和 BOD_5 的背景浓度； Q_W ， L_W 分别为排放污水的流量和 BOD_5 浓度； L_C 为满足单元水域水质要求的控制浓度； R 为满足单元水域水质目标的保证率。

使用概率规划模型，既可以满足环境保护的要求，又可以对污水的处理提出合理要求，从环境和经济上均可达到最佳效益。

6.1.2 基于 GIS 的水污染控制规划

1. 水污染控制规划一般规范

通常情况下，水污染控制规划的操作规范如下：

- （1）背景资料的调查与收集，背景资料包括区域自然环境概况、社会经济统计资料与发展规划方案以及区域历史与现状的环境监测资料；
- （2）水环境质量现状评估，确定水体的污染物背景值；
- （3）社会经济发展目标的确定与预测分析；
- （4）水环境变化趋势的预测与分析；

- (5) 水环境功能区的划分与水环境保护目标的确定；
- (6) 各功能区水环境容量的计算；
- (7) 水污染控制规划模型的研究与确定；
- (8) 控制规划的经济效益评价；
- (9) 规划方案的实施与管理。

2．基于 GIS 的水污染控制规划设计

水污染控制规划中所需的一些统计、监测数据和图表等比较琐碎。如何在计算机中对这些原始数据和新生成的数据进行合理规范地处理和管理，使数据信息能在整个规划步骤中共享，是水污染控制规划的一个重要研究方向。一般来说，基于 GIS 的区域水污染控制规划方案如图 6-1 所示。

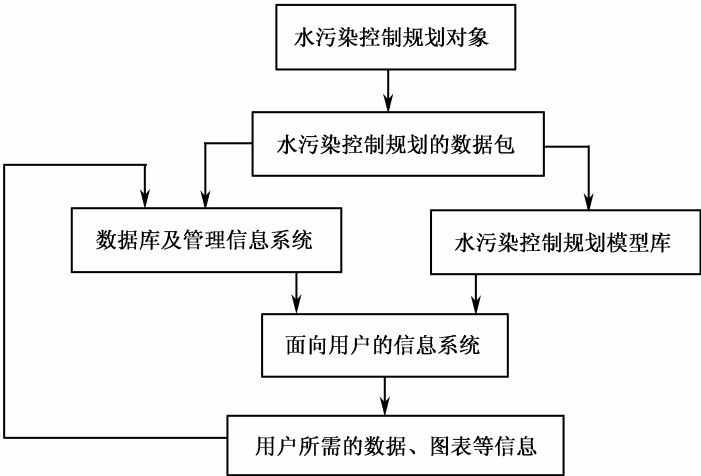


图 6-1 基于 GIS 的水污染控制规划

3．水污染控制信息系统

建立面向用户的信息系统，是 GIS 在水污染控制规划应用中的一项重要目的和技术。其主要体现以下几项功能：

- 实现特征信息的分类；
- 能够进行特征信息的管理、查询和分析；
- 特征信息的输出。

(1) 特征信息分类

水污染控制规划中涉及到的数据信息，按其来源可分为以下几类：

- 有关地方的国民经济统计资料，包括社会经济未来发展规划的指标信息；
- 污染源及所生成的污染物基础数据，包括未来经济发展引起的污染源及污染物的增减信息；
- 城市排污管网信息；
- 水域单元的特征信息，如水文条件、污染物背景值及各功能区水域单元水质目标等；

控制规划中新生成的特征信息,如模拟计算出的各功能区水域流场分布及浓度场分布特征信息、污染物的允许排放量或削减量信息以及经济评价中优化的管网信息等。

(2) 特征信息的管理、查询及分析

已归类的特征信息输入计算机后,还需进行编辑和规范,以便于存储管理、查询及分析。与空间有关的信息可以用地图形式表示和存储;而那些可脱离地图的属性信息,则可用与 GIS 工具相兼容的商业数据库制作成数据包,以增强数据信息的可移植性。如用 Sybase, Oracle 等存储管理基于 Arc/Info 平台的数据信息;用 MS Excel, Lotus1-2-3 等存储管理基于 MapInfo 平台的数据信息等。在水污染控制规划中,各功能区水域单元水质分布、城市排污管网分布等可用地图的形式存储管理;而国民经济统计资料、污染物的种类及数量则可用兼容的数据库形式存储管理。对各种特征信息可进行查询调用,如查询某一时期的污染物的生成量、功能区水域水质分布图等;并且可对某些特征信息进行空间分析,如流场与浓度场的叠置分析等。

(3) 特征信息的输出

面向用户的信息系统可通过显示屏、打印机或绘图仪等输出设备,显示或输出系统中各种特征信息(包括耦合属性信息与空间信息的特征信息)。输出的信息可以是数字、图表以及数字和图表相结合的形式,如不同概率保证下的功能区水环境容量结果信息、排污口的分布及允许排放量或削减量信息等。

6.1.3 GIS 在海湾陆源污染物总量控制中的应用

陆源污染物总量控制是我国海洋环境保护的重要手段之一,对于改善我国海洋环境质量状况具有十分重要的意义。国家海洋环境监测中心赵冬至等以大连湾为例,采用 ArcView 和 Arc/Info 为 GIS 软件平台,建立了海湾陆源污染物总量控制信息系统。利用该系统实现了对海湾周边社会经济信息管理、沿岸各类工业及生活污染物排放情况管理和分析、各类海洋环境监测数据管理;建立了海域水质、底质状况评价模型;实现了海洋环境评价工作的可视化。将海湾水动力模型、污染物飘移扩散模型与地理信息系统进行了集成,并将其结果同化到地理信息系统中来,以便与其他信息进行有机地复合,从而分析污染扩散对海洋资源的影响;同时还实现了海湾水动力过程的动画模拟。该系统为海洋环境保护工作提供了有效的管理手段。

1. 系统的功能结构图

系统的总体功能结构见图 6-2。

2. 系统应用

(1) 陆源污染物入海量计算

陆源污染物入海总量是指通过各种渠道(大气携带、河流径流、工业直排口、生活排污口、近岸水产养殖、海洋资源开发等多种方式)排入海洋的各类污染物的总和。由于污染物排放方式和排放类型的复杂性,多以某单一污染物(如 COD 等)的总量计算为主。采用地理信息系统对与污染物相关的信息进行管理。陆源污染物的产生,除自然原因外,与人类

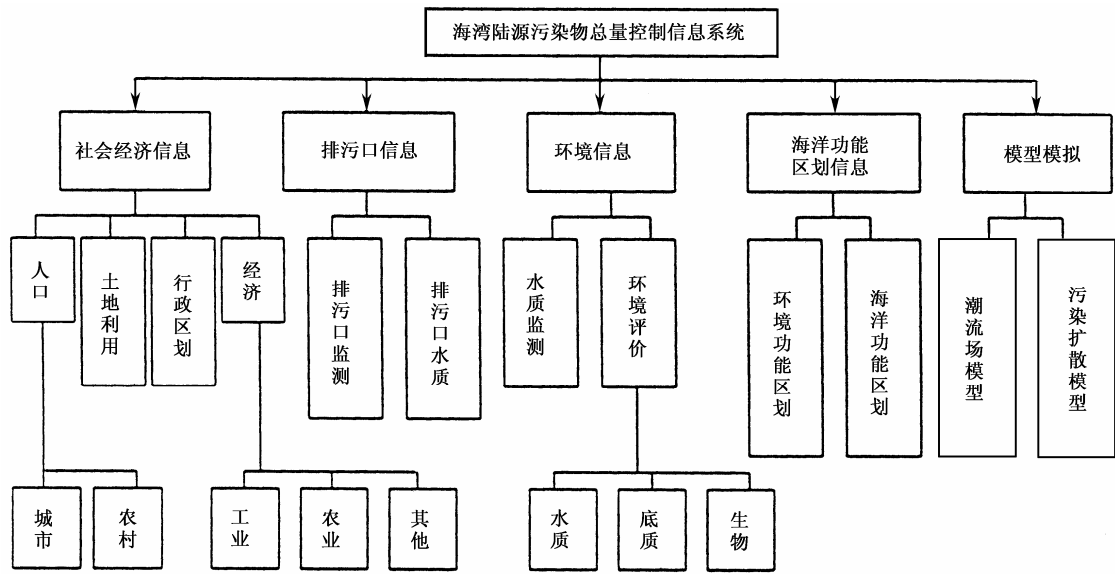


图 6-2 系统功能结构图

社会经济活动有直接的关系，也是人类社会发展的必然产物。为了减少这类污染物对人类社会的影响，保持人类生存环境的持续稳定，须了解一些相关的社会经济信息。其主要目的：一是用于深入分析各类社会经济活动产生的污染物质，为陆源污染物总量的估算提供依据；二是为污染物的控制和处理提供必要的信息。需要了解的管理信息包括：人口分布、行政区、入海河流域、土地利用、交通（公路、港口、铁路、海上航线）海洋功能区划、海湾水下地形、海域使用现状、海湾生物资源、海湾水产资源、海湾旅游资源等。以上信息均以图层形式表示，图形属性信息以数据表形式表示，二者建立直接的关系。通过更新表中的数据项，其结果可在图形上表示出来。结果直观可视。

（2）入海排污口污染状况评价

排污口监测数据管理

系统建立了排污口空间位置与排污口属性之间的对应关系。可在排污口位置图上对排污口的属性数据直接查询、检索、排序，同时也可了解到排污口的多媒体信息（照片、录像信息等）。

排污口评价

评价结果可按排污量大小、各类污染物的污染负荷大小进行排序，并常利用各种图表来作为一些监测资料和分析一些问题。也就是利用线和图形来表达客观现象数量关系的一种统计手段，具有一定的直观性。分析结果以 6 类图表（Chart）表示，即条形图表、饼图、曲线图、XY 散点图、面积图（Area）、Bar 图。

（3）海域水质状况评价

水质管理

建立了监测站位和水质监测指标的动态关系，实现了对各监测站位监测信息的动态检索。

环境因子评价

监测数据可直接计算出算术均值、几何均值超标概率，并能进行各环境因子超标概率排序。

评价模型：海域水质综合评价采用综合指数法，对 12 种污染因子监测数据采用下列计算公式给出水质综合评价结果。

pH 值指数： $P_i = |X_i - 7.95| / 0.45$

溶解氧指数： $P_i = GB1 / X_i$

其他污染因子指数： $P = X_i / GB1$

综合污染指数： $P = \sum P_i$

其中， P 为某一站位的综合污染指数， P_i 为某一污染因子的指数， X_i 为某一污染因子的监测值，GB1 为某一污染因子一类海水水质标准值。

评价模型的 GIS 实现

对于大连湾海域，由于 GIS 技术的最终目的是为了深入研究和合理利用大连湾的纳污能力，保护海洋环境和资源，仅靠常规地图信息的处理方法往往达不到令人满意的决策辅助和信息支持的目的。因此还需要结合评价方法，GIS 的综合数据库，对其大量的具有地理特征的数据进行基于图形的规划或模型的分析，才能更好地发挥 GIS 的作用，实现 GIS 的实用价值。GIS 软件系统所提供的宏语言，一方面具有高级语言的特征，使用起来很灵活，但另一方面，它只能进行某些低层次的控制，由于主要面向地理信息的操作，而在实现一些复杂算法方面显得有些无能为力，所以不适用独立作模型实现的工具。该系统结合 GIS 宏语言和高级程序设计语言的优点，利用二者之间的数据共享方式，采用水质及底质评价技术，对大连湾海域环境进行评价。

(4) 海洋环境质量评价专题图的 GIS 实现

首先是工作底图的选择。根据不同的工作任务要求，来确定底图的比例尺。但不管比例尺如何，所选图件应是海图，因为一是其有较精确的海岸线，二是其水深数据准确，数据点多且新。不足的是海图的陆上信息较少。可采用相应比例尺的地形图补充，补充的内容为水系、主要铁路、车站、主要公路、主要街道及街名、市区界及其区名、主要乡镇及居民地、主要港口、码头等。

其次是进行图形设计。分主要内容和图面设计两方面。由 ArcView 的 layout (页面设计) 来完成，据此可对不同的数据分析结果产生不同的组合方式，并比较各结果的效果。最后成图可制成印刷部门可接受的文件，并制版印刷。

(5) 海湾水质模型模拟

基于 Arc/Info 和 ArcView 的海域潮流场数值模拟

海湾底图用 Arc/Info，通过数字化仪输入成为一个 ArcView 中的 Coverage。潮流场模拟的结果是在整个海域范围内将其网络化，用模型计算出每个格网内点位置上的流速及流向，产生的结果与 Arc/Info 数据模型转换。当计算出每个网格内起点坐标与终点坐标后，即可产生出一个线段的 Coverage，同时还可以规定出每条线段的方向箭头，并产生出两组线段，一起作为一个 Coverage 传入 ArcView 中。另外，在 ArcView 中利用空间查询和分析中的 Point-in-polygon 选择，找出整个海域范围内各点的有关信息，最后与海湾底图进行叠加，即可得到在海湾底图上的流场模拟结果。

动态显示潮流场模拟结果

首先在 ArcView 系统平台上运行 FORTRAN 程序块 (模型部分)，产生出某一时刻的潮流场数值，通过上面所叙方向即可显示出该时刻的模拟结果。然后利用改变颜色使上一时刻

产生的模拟结果消失(使某颜色与底色相同),再通过模拟方式产生出下一时刻模拟的结果并显示出来。这样就可以通过不断改变时刻随时显示模拟结果。

模拟系统的集成

在潮流场模拟显示系统中分别使用了 Arc/Info、ArcView 系统及 FORTRAN 语言。Arc/Info 提供了产生 Coverage 的数据,而 Coverage 又是 ArcView 的重要数据来源,而用于产生 Coverage 的坐标值又是由模型计算结果产生,模型计算是由 FORTRAN 语言编写,Arc/Info 与 FORTRAN 是在 DOS 环境下,适合于数据的前期处理和模型计算。ArcView 则是在 Windows 环境下的一个应用程序,即可实现图形界面,又可以方便地处理数字,所显示的图形美观,分辨率高。所以把它们基于 ArcView 平台进行集成并作为最终开发平台。

在具体应用混合编程技术开发应用程序时,解决了在 ArcView 中调用 Arc/Info 程序及 FORTRAN 程序,在 Arc/Info 中修改 ArcView 的 Theme 和 Coverage 使用这两个基本问题。

6.1.4 GIS 支持水质模型的应用

水质模型的应用目的在于利用地理信息系统先进的空间数据管理功能和模型分析能力,将区域水环境质量、水污染状况及地理信息等集合在一起,用先进的技术手段,对其进行综合分析、计算、评价,为区域水污染控制提供可操作的环境管理决策支持。

1. 模型空间数据的建立

(1) 空间属性数据(即基础底图)

它包括行政境界、水系、居民地、城市、铁路、公路、湖泊和植被等要素。此部分数据可利用数字化仪人工录入。

(2) 环境属性数据(即环境专题图)

它包括污染源位置、水环境质量监测断面、垂线、环境质量监测点、水环境功能区划分等。环境专题图的建立是以人们所关心的有关各种环境项目来制订的(此部分图由环境管理部门指定或提供相关的地理位置与数据资料)。

(3) 空间属性数据结构的关系

当空间属性数据录入后,可以根据需要对各类要素进行增、删、改等的编辑,使之达到可靠、精确的要求。经过格式转换,再在特征属性表中增加关键的对应数据项,使空间属性数据与外部环境数据库建立起相应的关联。

水质模型实现的技术路线见图 6-3。

2. 水质模型的建立

(1) 水污染控制单元划分

为了能够很好地控制水质,并考虑到实际管理的需要,需要选取合理的水质控制点,并相应划分水污染控制单元。

(2) 水质模型所需资料及有关参数确定

在利用水质模型时,需要水的水质、水量、排水资料及污染物综合衰减系数等资料。

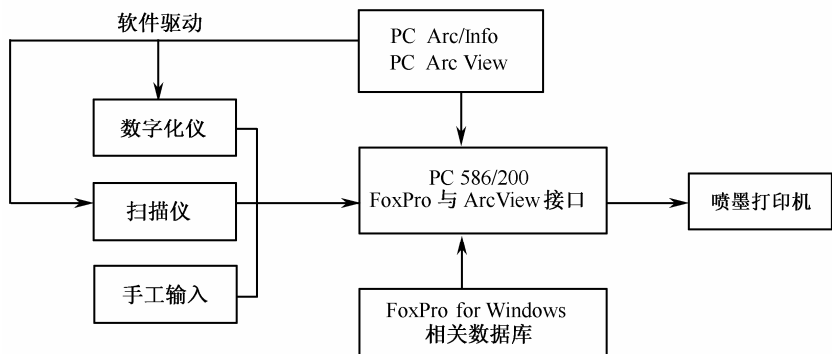


图 6-3 水质模型实现的技术路线

3 . 水质模型的程序设计与实现

水质模型的程序设计与实现过程详见图 6-4。

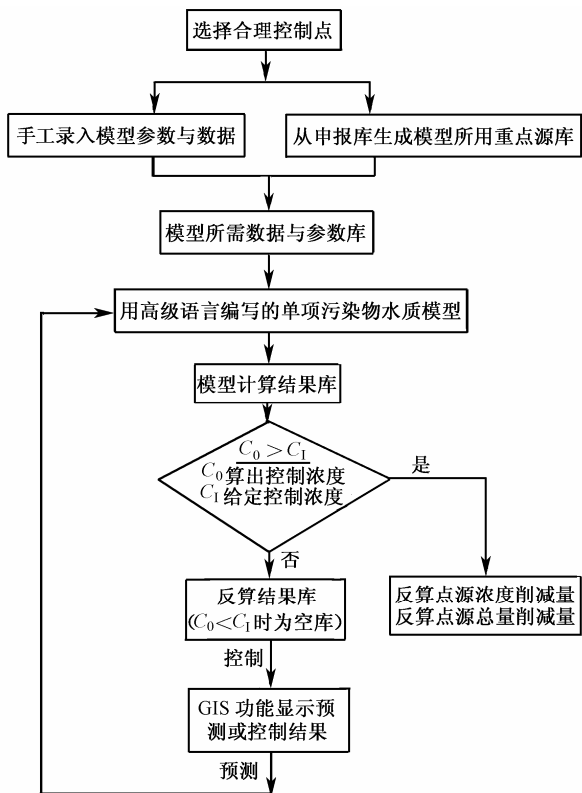


图 6-4 水质模型的程序设计与实现过程

6.2 基于 GIS 城市下水管网信息管理系统

各类管线是城市重要的基础设施，担负着物资、能源和信息的传输工作，是城市赖以生存和发展的生命线，加强管线资料的管理对城市安全与发展具有极为重大的意义。但由于多

方面的原因,我国现有各类管线存在着竣工资料残缺不全、资料精度不高或竣工资料不能及时准确归档而造成资料与现状不符等问题。建设施工中时常发生挖断或挖坏地下管线,造成停气、停水、停暖、通信中断、污水四溢等严重事故。

这种现象的出现,有法制、规章不够健全的原因,也有技术方面的原因。我国现有的地下专业管线的资料多以图纸、图表等形式记录保存,采用人工方式管理。随着时代和科学技术的发展,城市的现代化步伐日趋加快,这种管理方式不仅效率低下,也造成资料更新工作量惊人。往往是图纸刚刚改完,由于又增加了不同专业管线不得不重新绘制。用传统的方法几乎无法实现管线资料快速更新。

管线资料的传统手工管理与城市建设、管理、发展的矛盾日益突出。采用高新技术和方法来高效管理各类管线,是满足决策、管理部门和施工单位需要的重要措施。为利用计算机从事管线信息的管理提供了充分的空间。

6.2.1 技术方案

在构建管线信息系统时,要考虑的一个重要问题是技术方案。从国内外既往的实践来看,用计算机实现管线管理的技术方案主要有4种。

1. 管理信息系统(MIS)

运用数据库管理系统(DBMS),对现有管线的坐标数据和卡片信息实施整理录入,放置在数据库系统的一个或多个数据表中。在DBMS上开发常规的属性数据管理功能,如录入、修改、删除、查询等。这种方式可以有效地管理现有管道属性数据和各类设备的卡片资料,便于查询和分类。但这样的系统不管理图形,无法解决各类图件的维护问题,更谈不上基于空间数据的检索和分析。

2. MIS结合图形系统

使用MIS来存放和处理属性数据,对设计图、竣工图、管线全图、大样图等图件,则通过另外的图形系统(AutoCAD, CorelDraw等)来录入,以文件的形式单独存储。在这种方案中,属性数据和图形数据是分离的,彼此不相关联。虽然对图件维护提供了手段,但图形数据仅仅停留在复制图件的水平上,图件本身所蕴涵的丰富信息不能被系统自动识别、提取和利用。本质上看,这种方案只是把MIS的思路简单地扩展到了图形数据上。

3. 数据库和图形挂接或桌面图形信息系统

它是对传统MIS思路的一次真正意义上的超越。基本思路是:在属性数据表中,用扩展字段来存储对应图形的图元号或数据索引,将图形与对应的属性记录关联起来,从而实现图数互查。在系统的具体实现上,可以在DBMS和图形系统上同时作二次开发,自行构建;也可以使用现成的桌面图形信息系统(如MapInfo, AutoCAD MAP等)作为平台来开发。由于实现了图形和属性的关联,使得单个图元具有了“意义”,为基于空间数据的检索分析奠定了基础。但是,这样的系统存在以下缺陷:

- (1) 图形和属性的松散耦合导致关联关系的维护比较复杂。
- (2) 虽然单个图元的属性得到了管理,但图元间的相互关系(称为拓扑信息,如铁路线

与行政区划间的关系、宗地间的相邻关系、管线与管线的贯穿、阀门三通等管点与管线间的连接关系等)无法有效管理,从而使得很多重要的深层次的分析(如多边形叠置、路径分析、关阀分析等)难以完成,即使能实现,效率也极低。

(3)对海量数据的一体化管理缺乏手段。以地形图为例,一个城市的 1:500 的地形图有数千幅之多,如果将全部图幅合并在一个图形文件中,文件的字节数将是惊人的,对这样的巨型文件实施显示、查询,几乎是不可能的。桌面图形信息系统一般只能以单一图幅作为管理单位,这又使图形数据的整体性遭到破坏,图幅接边困难,跨图幅的实体被人为地切断,妨碍了空间分析和检索。

(4)三维数据处理能力低下。管线系统中通常要处理高程、压力数据等,这些数据的处理要依据数字地形模型(DTM),而这一技术方案对此种要求不能很好地满足。

4. 地理信息系统

管线信息和与管线相关的地形、环境信息,从根本上来讲是地理信息。地理信息除了具有信息的一般特性(如共享性、客观性)外,还具有区域分布性(具有空间定位的特点)、数据量巨大、信息载体多样等特殊性质,这就决定了传统数据库管理的观念与方法不能有效地管理和分析纷繁复杂的地理信息。

从整个市政管线建设的角度来看,将地理信息系统引入管线信息管理有如下作用:

- (1) 提高信息的共享程度
- (2) 缩短数据的更新周期
- (3) 查询很方便
- (4) 能提高管线设施的综合能力

6.2.2 设计原则

从长远的观点看,污水管网管理系统将是整个城市地理信息网络的有机组成部分。系统开发要采用标准的、开放的结构,为进入整个城市地理信息系统提供开放的接口。

系统设计遵循以下原则:

- (1) 实用性原则:系统应符合并满足业务工作的需要,真正实现办公自动化,管理科学化。
- (2) 可靠性原则:数据库中的所有资料应是准确可靠的,系统应有很强的容错能力和处理突发事件的能力。
- (3) 完备性原则:即系统的各项功能及管理各种数据应是全面、完整的。
- (4) 科学性原则:应以软件工程的思想和方法来建立,力求系统结构的科学、合理。
- (5) 规范性原则:符合管网管理的要求,信息编码遵循行业或地方规范。
- (6) 经济性原则:在保证各项功能完满实现的基础上,以最好的性能价格比配置系统的软、硬件,使系统尽快发挥经济效益与社会效益。
- (7) 可扩展性和开放性原则:具有良好的接口和方便的二次开发工具,以使系统不断地扩充、求精和完善;系统在输入/输出方面应具有较强的兼容性,能进行各种不同资料格式的转换。
- (8) 可操作性原则:系统应有良好的用户接口,易学易懂,操作简便、灵活。

6.2.3 系统结构及模块功能

管网信息管理系统总体结构如图 6-5 所示。

1. 地形图库管理子系统

系统应提供对点、线、区三种图元的空间数据和图形属性数据进行输入和编辑的功能以及图形表格输出的功能。最主要的是实现地形图建库，对图库灵活地管理和方便地进行数据转换。

2. 管网输入编辑子系统

管网输入编辑子系统提供方便的网络输入的手段，构造网络拓扑关系，建立与管网元素相关的属性数据库，提供管网的图形属性编辑工具。

(1) 属性数据输入

按照管网各组成成分进行属性输入。

提供可视化的编辑功能。

管网属性的储存和更新管理。

(2) 空间资料转入

对于外业探测的管网空间数据可方便地转入利用。

可由空间数据库读入。

可由电子手簿直接读入。

由其他格式数据转入。

键盘输入。

(3) 管网编辑及设计

对管线、管点的空间数据进行各种操作和编辑。

对管线、管点参数和属性的编辑与修改。

3. 管网管理子系统功能

管网管理子系统是通过一些有效的方法快速对目前的管网信息进行全面地了解和分析，从而能够指导管理人员高效率地进行管理和抉择。另外，可通过所提供的查询工具的各种查询方法方便地得到想要的资料和信息。

4. 管网运行调度子系统

根据对系统本身的各类数据的计算和分析比较，找到最优的调度方案，并以报表的形式输出，供调度使用。

5. 事故处理子系统

事故是指管网中突发的爆裂等。这类事故会造成较大损失，所以事故发生后及时制订事故处理方案是非常重要的。用户只需指定事故发生处，系统将能够自动搜索出需关阀门等，并且能自动生成抢修单，制订出合理的处理方案，以便及时排除故障。

6. 管网设计子系统

管网设计子系统包括管道平面图轴测图生成与设计, 生成管道材料统计表、设计说明, 管理各类图件等。

6.2.4 系统技术要求

- (1) 数据录入方式多种多样。
- (2) 数据模型合理。冗余小, 数据一致性有保障, 能保证高效访问。
- (3) 查询检索手段丰富, 具有分析功能。如事故处理, 最佳路径, 资源分配, 管网平差等。
- (4) 符合专业规范, 靠近用户使用习惯, 界面明晰友好。
- (5) 较好的三维处理功能。
- (6) 强大的输出功能。可按图幅输出单幅或多幅图件, 也可以任意指定出图范围; 可生成各种比例尺带整饰的完整图件, 也可输出各类统计表格和统计图。
- (7) 面向对象方式开发, 模块化程度高, 鼓励二次开发。

信息系统作为在 GIS 平台上建立的应用系统, 应该具备地形图库管理、管线输入编辑、管线维护、查询分析、事故处理、辅助设计等基本功能。

6.2.5 MAPGIS 管线系统

1. 管网开发平台

MAPGIS 管网开发平台可使一个城市各专业管网部门 (包括燃气、煤气、工业管道、城市综合管网等) 在专业统一 GIS 平台上, 针对行业特点开发出适合自身情况、满足自身要求的专业系统, 同时又能保证系统数据的兼容性、可靠性和保密性。

在新版 MAPGIS 管网系统中, 系统允许用户动态增加设备类型。例如, 在现有管网中增加一种特殊设备, 同时增加对该类设备的管理方法等; 或由于管网变化, 需要对已经决定好的数据库结构进行修改、添加和删除等。

同时, 为了方便在 MAPGIS 管网平台上开发, 目前已经实现的所有功能中, 几乎每一个功能都已经封装成 API 函数, 一部分已经封装成组件或控件, 用户只要有简单编程知识, 使用管网开发平台提供的开发接口, 用常用开发语言如 VC++, VB 等, 就可以在该平台上开发出定制专业 GIS 管网单机版或网络版应用系统。并且在网络版中, 用户可以避开繁琐的网络编程, 只需要利用已经封装好的函数即可轻松“联网”, 可以做到真正意义上的傻瓜编程。新 MAPGIS 管网开发平台系统体系结构图如图 6-6 所示。

2. 空间数据管理能力

作为一个大型专业 GIS 管网应用系统, 空间数据管理能力是其最基本的检验指标, 它包括空间数据输入输出、存储、查询检索速度、数据允许误差、更新及拓扑维护等方面。新版本平台进一步增强了对海量空间数据的管理能力 增强了对空间数据拓扑关系自动维护功能, 具体体现在如下几方面。

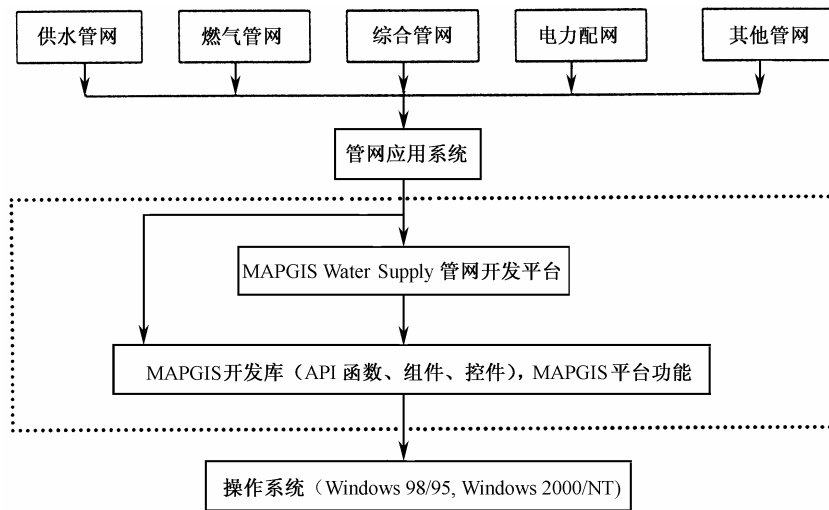


图 6-6 新 MAPGIS 管网开发平台系统体系结构图

(1) 新版管网开发平台采用双精度表示数据，即有效位提高到了 15 位，保证在任何情况下的数据精度。

(2) 在原有系统数据转换功能基础上，增加支持 Arc/Info 双精度数据输入，提高了数据转换精度，同时简化了 MAPGIS 数据到 Arc/Info 的转换；而专业管网外业数据转换则变得更加方便、准确，操作更加简单，速度更快。

(3) 原始数据坐标系与系统当前使用的坐标系可以是不同的。也就是说，不管用户存放的数据是地理坐标，还是某种比例尺的平面坐标（如高斯坐标），进入 MAPGIS 系统后，均能够按用户要求的坐标系正确显示。空间定位坐标系和坐标单位更明确。

(4) “电子平板”子系统、“电子手簿”系统，集成了目前市场上常用“电子平板”所有功能，实现野外数据采集、录入、成图一体化。该系统可直接控制全站仪或数字测图设备进行野外测量，方便了地图数据和专业管网数据的直接录入。

(5) 新系统自动维护管网空间数据的完整性。每当用户进行添加、删除、移动等改变管网拓扑关系的操作后，系统都会对拓扑结构进行自动检查，保证整个管网的完整性，为以后的计算和分析打下良好的基础。

3. 更友好的用户界面

友好的人机交互界面，不但可以使系统操作一目了然，让工作人员顺利、准确地完成工作，并且可以使工作人员在日常繁琐的工作中找到工作热情和提高工作兴趣，以此提高工作效率。

首先，为最大限度地利用有限的显示平面，系统精心组织用户界面。采用类 VC++ 用户界面，提供属性页方式的“数据窗口”和“工作窗口”，来管理工程和查询、统计出的数据。属性页与页间可以随时任意切换。并且根据不同的属性页，提供不同的右键快捷菜单，对所有查询、统计数据进行操作、输出。采用“属性页窗口”，避免了工作人员反复地切换、查询、清除数据、选择菜单进行操作。可实时地对各种属性数据进行对比，大大增强了可操作性和实用性。

其次,系统对每一个耗时操作都给予提示,提供处理进度条以使用户随时了解处理进度及系统运行情况;对每一个危险的、涉及到系统及数据安全的操作都会给予警告,对将产生的后果进行提示,以使用户确认;对所有系统菜单进行重新组织,如管点、管线操作菜单分开,让用户一目了然;所有必要的系统设置都自动完成,不用用户干预。

4. 众多新功能、新模块

(1) 网络版功能增强

在原有“拉”技术基础上实现“推”技术,即由服务器将变化了的最新信息“主动”送到客户端,从而减少数据传输量;并避免数据重复选取,大大提高了网络数据存取效率。另外,系统进一步加强了数据库的安全控制功能,优化了对网络数据库的操作(如查询、编辑等),加快了客户端图形显示、数据存取速度。

(2) 专业数据处理功能的增强

为提高对已经进入系统的数据进行管理的能力,完成系统数据更新,维护数据正确性,系统增加了多种管网编辑、维护工具。如键盘、解析输入管线,定位移动管点,根据坐标自动矫正图形和自动合并管网等。为方便用户对管网观察,增加了管网属性动态标注,任何进入系统的数据都可以作为标注。数据变焦显示技术则能让用户根据需要,在不同比例下关心不同实体设备。对管线、管点分层管理,方便了用户对关心的图层进行任意控制。而结点大样图的提出,则实现了对复杂设备进行完整管理的方案。实时三维数据显示又为我们提供了更加丰富的观察手段,可以清晰明了地观察各管线具体走向、埋深等。数据拓扑自动维护及错误检查功能的推出,可以让工作人员能更加轻松地录入数据,不用更多地担心因录入错误而导致管网拓扑结构破坏。与此对应,系统增强了对属性、参数数据管理、编辑功能。如根据条件统赋,根据条件拷贝字段值,计算字段值等。外挂数据库方法则最大限度地减少了人工输入属性和要进行的重复工作。而管网附属设备管理(如挂接用户和维修纪录管理)则圆满解决了探测中所不能解决的难题。新增 WebGIS 子系统将网上发布与实时查询附具现实,而提供的开发接口则让用户可以定制自我个性的主页。新增查询、统计方式将给用户带来更大的惊喜。

(3) 实用功能的增强

在原有事故处理关阀和设备检修关阀基础上,增加了精确关阀搜索和停水分析功能。水力计算模块的正式推出,使得管网设计规划和对现有管网评估工作有了更精确的依据。

管网规划子系统允许设计人员在供水系统中产生一个设计任务,然后在该子系统中进行设计,竣工后回贴进系统,保证系统数据一致、完整、准确。同时,对于所有图件,如平面图、竣工图和材料统计报表等,都可自动生成输出。

5. 更广泛的输入/输出接口

对管网专业数据专门制订了外业数据格式。对于满足格式的外业探测数据,系统提供专用工具,自动建网成图,免除手工操作的繁琐,避免了手工操作可能产生的错误。而输出增加了精确范围输出。属性输出基本上都采用了 ODBC 方式,可以输出任何 ODBC 支持的数据库格式。方便数据交换和用户使用,让每一个人都可以按自己满意的格式输出各类设备卡片,提高输出的灵活性,也大大方便了用户实际工作。

6.3 环境监测信息系统

环境监测信息是环境管理的重要基础。环境监测信息的主要来源是环境监测站。每年的环境监测数据数以万计，面对如此海量的数据仅靠手工管理，很难保证数据的一致性和准确性，而且要进一步实现对数据进行分析，辅助环境决策，更无从谈起。所以手工管理方法已经不适应环境管理的要求，采用环境监测信息系统辅助管理已成为必然趋势。环境监测信息系统 EMIS (Environmental Monitoring Information System) 将为环境监测信息的收集、处理、共享和信息发布提供完整的方法和手段，也将为环境管理和决策提供有效的支持。

EMIS 着重于系统的业务和数据流程分析，抽象出具有普遍适用性的模型结构。在设计中强调系统的整体集成性和稳定性，尤其是对数据汇总、报表生成和数据分析进行了深入的研究。

6.3.1 环境监测信息

环境监测信息包含两方面的内容：一是地区的环境质量监测信息，二是污染源总量和浓度的监测信息。环境监测信息是动态的环境信息，它是通过环境监测站常年的工作获得的历史信息，并且随着时间的推移而不断更新。正是由于其动态更新的特点，环境监测信息对环境管理的意义更为重要，但同时也对环境监测信息的管理工作提出了更高的要求。环境监测信息系统要具有适应于动态信息处理的一系列特点。

6.3.2 系统分析

1 . 组织结构与功能分析

系统的使用对象是各级环境监测站。环境监测站一般有以下部门：站长室、业务室、监测科室（可包括多个科室，分别负责不同项目的监测工作）、质控室。各个室的相互关系及职能见图 6-7。

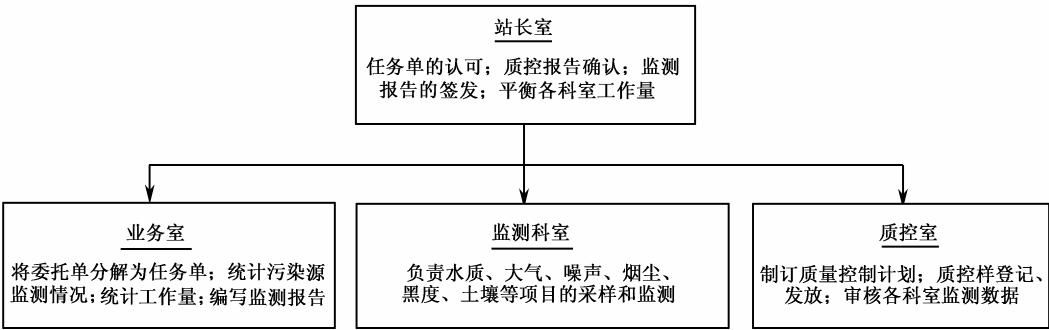


图 6-7 环境监测站的组织结构及职能

2 . 业务流程分析

环境监测主要包括常规监测和污染源监测。常规监测管理和污染源监测管理都是典型的

全过程管理工作，全部工作可以分成流程管理工作和辅助管理工作两部分。

(1) 常规监测流程管理工作包括现场采样、平行采样、样品登记、分析实验、分析结果计算与记录、室主任审核、平行样质控、质量控制室审核、站长审核签字、生成分析结果报表等一系列过程分明、衔接严谨的工作流程。

(2) 一般的污染源监测流程管理工作包括委托登记、分配任务、现场采样、样品登记、分析实验、分析结果计算与记录、室主任审核、质量控制室审核、生成分析结果报表等工作。目前污染源监测正逐渐向总量监测过渡，其监测流程如图 6-8 所示。

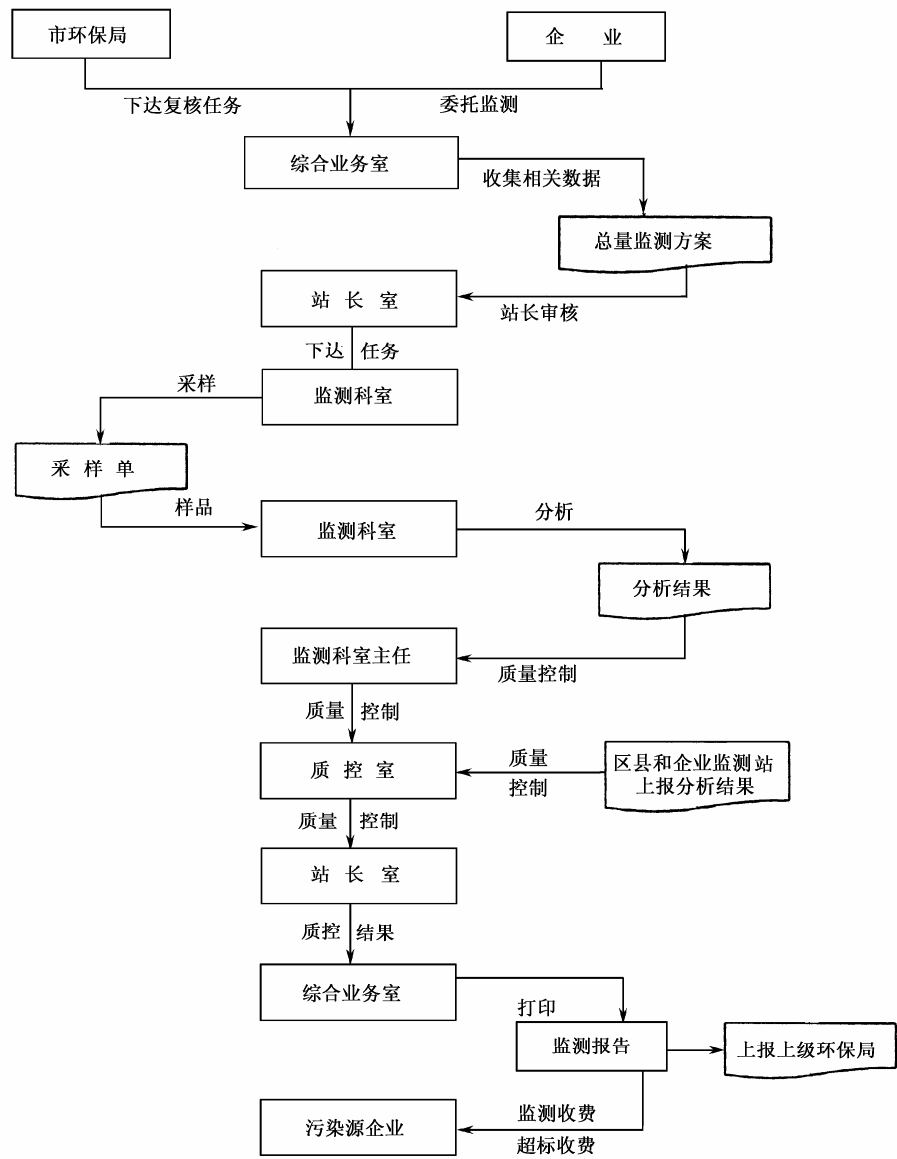


图 6-8 污染源监测业务流程

(3) 辅助管理工作包括监测站人员管理、任务进展情况查询、计算监测费用、监测站基本数据维护、各科室和全站人员工作量统计等保证系统正常运行和提供额外辅助功能的管理

工作。

3 . 数据与数据流程分析

(1) 基础数据

这些数据包括与监测有关的基本数据和辅助管理的其他基础信息。常规监测和污染源监测共有的和特有的基础数据参见表 6-1。

表 6-1 基础数据表

共有的基础数据表	内 容
监测项目表	监测项目的代码、项目名称、单位、分析方法和费用等
监测站基本信息表	监测站名称、地址和电话等
用户信息表	保存工作人员的代码、名称、权限等
科室设置表	监测站科室设置情况
常规监测基础数据表	内 容
测点基本情况表	保存大气、河流、湖泊等测点的信息，如代码、坐标位置等
污染源监测基础数据表	内 容
委托单位基本情况表	保存委托单位的基本情况，如名称、地址、电话等
排放口信息表	保存各单位排放口的信息，如排放口名称、排放去向等
行业代码表	保存行业代码和行业名称数据
采样收费表	保存采样类型和相应的收费信息

(2) 输入数据

输入数据是系统主要的处理对象。对于此类数据必须加以汇总、整理和分析，使之协调一致，为各子系统调用和数据共享奠定基础。常规监测的主要输入数据见表 6-2。污染源监测的主要输入数据见表 6-3。

表 6-2 常规监测的输入数据表

名 称	填 写 科 室	内 容
样品登记表	监测科室	采样时间、采样点、现场情况等
分析记录表	监测科室	监测项目的分析结果
质控样登记表	质控室	质控样分析项目，标准值等
质控样分析表	监测科室	质控样分析结果
历史数据表	业务科室	导入各监测点的历史数据

表 6-3 污染源监测的输入数据表

名 称	填 写 科 室	内 容
委托登记表	业务科室	委托单位、委托事由、监测类型等
采样记录表	监测科室	采样时间、采样点、现场情况等
分析记录表	监测科室	监测项目的分析结果
质控样登记表	质控室	质控样分析项目，标准值等
质控样分析表	监测科室	质控样分析结果

(3) 输出数据

监测数据经过质量控制和站长审核后，由业务室整理汇总，输出监测结果报告和各种标准报表。这些构成了管理系统的输出报表。

常规监测工作要生成环境质量报告书和环境年鉴中要求的报表以及全国环境监测传输软件要求的环境质量信息。系统还可根据用户要求将所需数据转换成其他格式的数据文件。

污染源监测要输出的报表有：监测报告书（总量监测报告、浓度监测报告），工作量统计表，污染源监测数据汇总统计表。

(4) 数据流程分析

数据流程分析主要包括对信息的采集、传递、处理、存储等过程的分析，目的是发现和解决数据流通中的问题。以污染源监测数据流程为例，如图 6-9 所示。

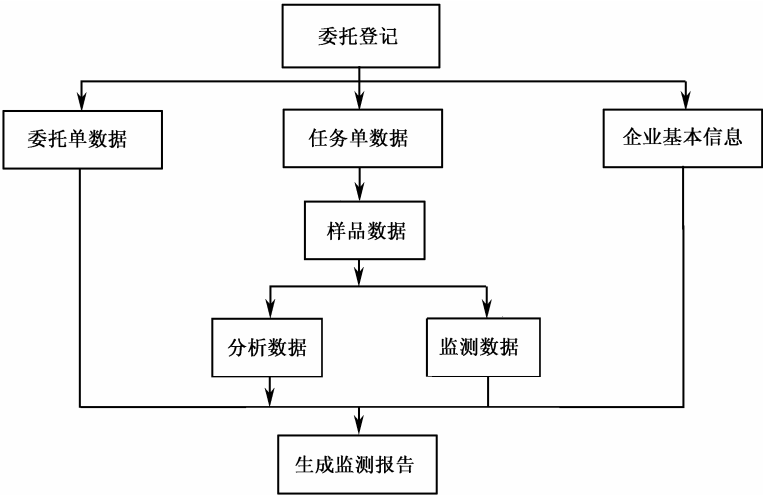


图 6-9 污染源监测数据流程图

(5) 数据查询与分析

对一般用户来说，数据库是不透明的，通过查询用户可以了解监测流程运行状态和监测结果等信息，辅助用户管理。

常规监测数据分析系统是个面向环保专业人员的决策支持系统，它建立在常规监测管理系统的数据库基础上，利用数据挖掘技术帮助环保专业人员从纷繁复杂的数据中发现内在的关系，并以多种方式清楚地显示出数据的规律。数据分析系统可对测点各监测项目的监测值进行统计，得出最大值、最小值和平均值；通过对数据源的选择和过滤绘制统计图；利用几年的历史数据对污染趋势进行预测等。

环境要素往往和其空间属性紧密相连，环境监测地理信息系统在地图上表达环境常规监测数据，向用户提供一个直观、快捷的查询手段。用户可以结合地理位置进行分析，并制作一些专题地图，如监测点位图、污染物浓度分布图、噪声分布图等。

为满足公众对环境信息的需要，系统还可通过 Web 向社会公众实时发布环境信息，如空气质量日报等。监测站人员也可使用 Intranet 查询环境信息。Web 发布系统是环境信息管理系统的一个重要组成部分。

6.3.3 系统设计和实施

1. 系统组成

(1) 系统组成

环境监测信息系统 (EMIS) 组成如图 6-10 所示。

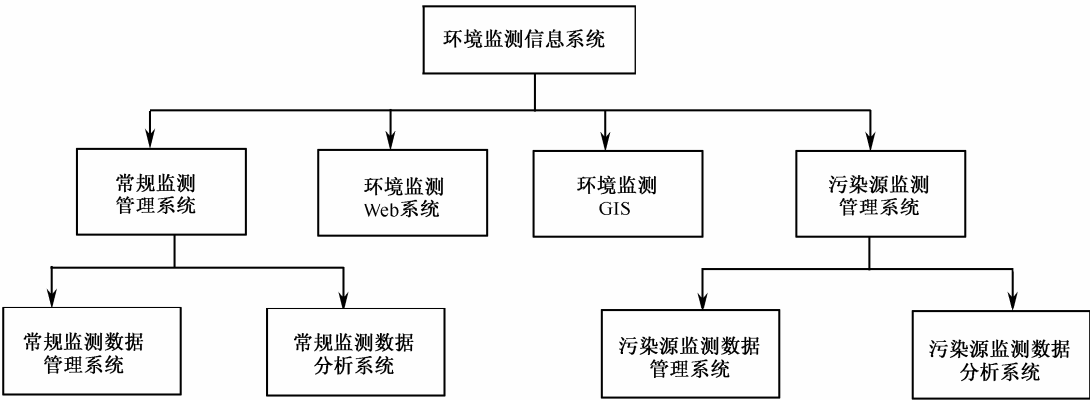


图 6-10 EMIS 系统结构

(2) 体系结构

系统可采用客户机/服务器体系结构。在这种分布式的计算机数据处理环境中，所有任务都根据实际需要由系统在服务器和客户机之间灵活地进行分配。处于后端的服务器主要负责数据的管理和存取方面的任务，而前端的客户机则承担了数据处理及用户界面等工作。这种模式的优点主要体现在：由于一个任务进程可以合理地分配在两个系统上进行，这必将大大地减少了整个网络系统上的信息流量，提高运行性能；由于数据都交由后端的服务器进行管理，整个系统的安全性能和运行性能都有了可靠的保障。

(3) 计算机系统方案

系统的物理基础是以太网，网络结构为星型拓扑结构，如图 6-11 所示。服务器采用 Windows NT 操作系统，数据库管理系统采用 Microsoft SQL Server，Web 服务器采用 Microsoft Internet Information Server。各科室客户机的操作系统采用 Windows 95 或 98，网络协议采用 TCP/IP 或 NetBEUI。子站数据通过拨号网络上传。

(4) 数据库设计

实际流程中涉及许多数据、表单、报表，不能直接将其转为数据库的表。需要对这些表按照关系数据库的基本要求加以规范化，去掉表中的重复项，定义主键、外键，确定数据结构。数据库结构设计中，利用 E-R 模型将实际数据流程抽象为数据模型。

2. 系统实施

(1) 系统开发

系统开发主要包括两方面的工作：一是数据库的建立，二是前端应用程序的开发。

常规监测管理系统的数据库共包含 82 张表，每个科室有专用模块。系统管理模块用于

基础数据维护，独立的电子邮件系统辅助系统用户交换信息。污染源监测管理系统的数据库包含 50 张表，6 个模块，提供对污染源浓度和总量监测的管理支持。

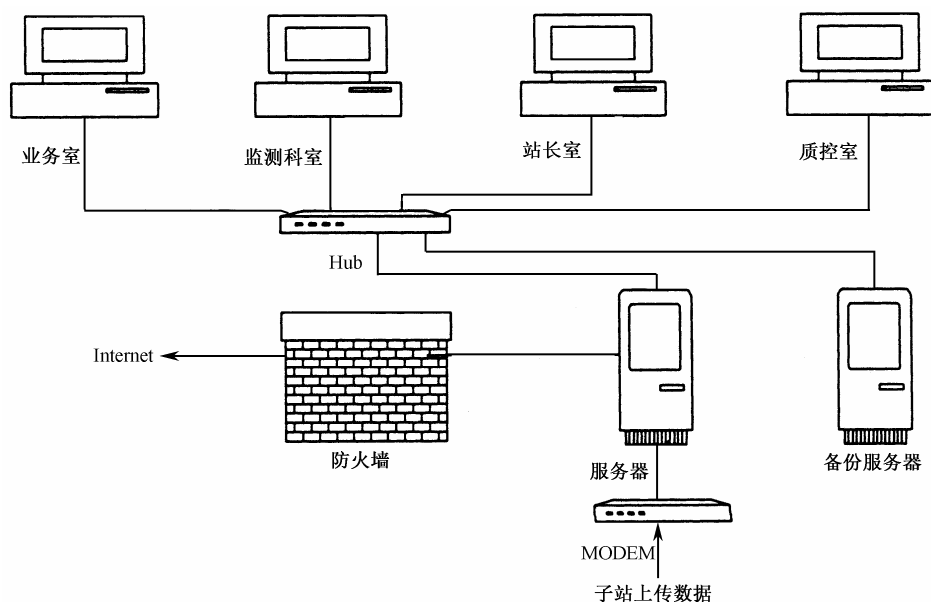


图 6-11 监测站网络结构示意图

环境监测 Web 系统和 GIS 系统均基于浏览器/服务器模式。Web 开发可采用 ASP(Active Server Page) 技术。Web 服务器接收用户的请求，从常规监测和污染源监测系统相关数据库中提取数据，以 HTML 格式发给用户，用户在浏览器上就能获得所需的结果。

(2) 系统的主要技术

用户管理。数据库中设置用户表，对用户名、登录密码和权限进行管理。用户首先要经过 Windows NT 和 SQL Server 的保护机制确认，再由用户表确定其权限。

全过程控制。数据在流动的过程中，将处于不同状态。为有效地控制数据的流向，系统采用的技术手段是设置状态参数，保证用户只有完成了上个阶段的工作后，才能进行下个阶段的工作，使任务严格按照既定的业务流程进行。

时间参数。监测数据是与时间相关的，数据的插入操作是在客户机方完成的，而客户机的系统时间不能保证与当前时间一致，统一使用服务器的系统时间可保证客户机的时间和当前时间的一致。具体方法是采用存储过程或数据窗口来获取服务器方系统时间，利用 Windows API 函数修改客户机的系统时间。

数据分析。分析系统除提供常用的统计函数外，还利用预测模型对数据进行分析。针对总量监测的需求，系统采用固定频次、回归分析等方法确定监测频次，辅助总量监测管理。

6.3.4 实时在线监测信息系统

早期的污染源监测系统，都是在企业现场安装传感器、二次仪表、黑匣子（设备运行记录仪）等设备，监测人员定期到现场查看记录数据，这样使用很不方便。后来，国家环保局污控司在全国推广使用基于电话线传输数据的在线监测系统，让环境监理人员在环保局就能

调看企业的数据，大大提高了工作效率。由于电话线路是公众网，呼通率没有保障，且每月都要花费一定的电话费，运行成本较高。而上述缺陷却是专用网的优势所在。环保自动在线监测系统，综合了无线数传、PSTN、IP 宽带网、无线数据传输网、GSM 网、卫星通信网、Internet 等多种传输方式的优点，在系统不同的传输层次采用不同的传输方式，结合计算机技术、GIS 技术，可覆盖全国范围的环保在线监测。

1．系统总体结构及主要传输方式

该系统为国家环保局监理信息系统的四层次模型，如图 6-12 所示，并可与国家环保局监理信息系统在一、二、三层次兼容、并网。

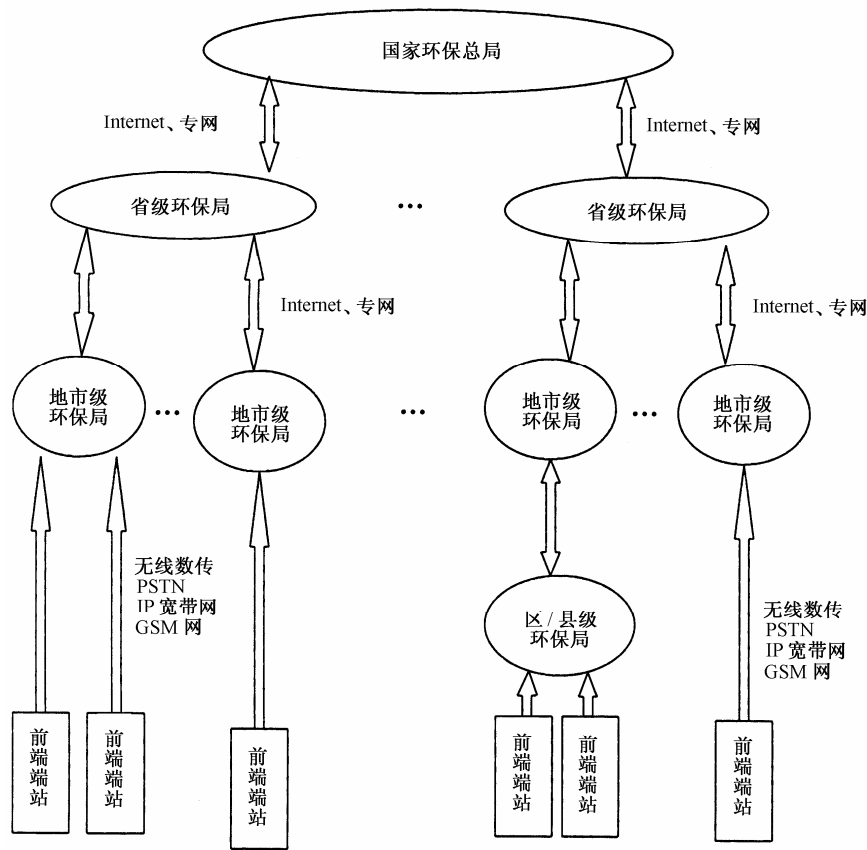


图 6-12 四层结构逻辑示意图

第一层次为国家环保总局。拥有最高控制权限，可随时调取其下属各级系统的各类数据，可存储在国家环境信息中心数据仓库中，并可与国家现有监理信息系统兼容，为中央机关、各部委制订社会、经济发展的决策提供所需的各种环境信息。

第二层次为省级环保局。它拥有本省下属地市县的数据汇总，对国家环保总局进行数据报送，形成各种综合报表。

第三层次为地市县环保局。直接负责前端端站的数据采集，是整个系统中最关键的一级。该级的数据采集准确、实时与否，直接关系到整个系统的成败。该级用户根据规模、级别大

小,又分为地市、区县、大型企业等用户。针对不同用户,需要开发不同的单机版和基于浏览器/服务器(B/S)模式网络版的系统软件。

系统的最底层就是所有的安装有前端端站的受控污染源。

由于在一、二层之间及二、三层之间主要为大数据量的超远程(一般大于100km,有的达到几千千米)间断性传输,因此依然采用卫星、电话专线或互联网等远程传送方式。系统的关键在于市(区、县)环保局对前端污染源数据的采集。一个城市中,安装的污染源端站的数量往往是较多的,如果都通过电话线采集数据,由于采集一个端站的时间较长(通常需要几分钟),将造成系统的效率低下;特别是对设备运行状态的监测,如果采用电话线传输方式,由于很难做到对所有端站进行24小时在线采集(需要大量电话线),对大部分端站还只能停留在事后数据统计的阶段,因此,系统起不到及时发现并处理问题的作用。而采用无线数传方式,采集一个端站数据花费的时间小于3秒,这样,即使在大城市,只需采用多个频点,完全能保证10分钟内对所有端站轮流采集,基本能保证及时发现问题、及时报警处理,使在线监测系统真正达到“在线”功能,提高环境监测工作的效率,及时制止污染的发生。

2. 地市级系统的特点

(1) 传输方面的特点

系统采用先进的无线数据通信技术。传输方式以无线数传方式为主,结合电话线、IP宽带网、GSM公网传输方式,组网灵活方便,传输速度快捷。

(2) 系统软件特点

采用B/S(浏览器/服务器)模式,方便数据的共享使用。各工作站不必进行任何的配置,通过环保局的计算机局域网,用户可用浏览器方便地调用及录入各部门相关的信息,所需报表曲线的数据可以直接打印输出。系统采用前端端站、市(区县)、省、国家四级联网结构,地方各级站点既可通过国家环保局监理信息系统联网,也可通过软件直接与国家环保局联网,并可把数据存入国家信息中心数据仓库。

系统配置GIS地理信息系统软件,可方便地在电子地图上查找(人工或自动)污染源的信息,而且方便今后扩充为监理车GPS调度指挥系统。

系统高度自动化。可无人值守,可设定污染源超标阈值,超标排放可自动报警并打印。软件留有与烟尘黑度监控系统的数据接口,对企业的烟尘污染可通过烟尘黑度、烟尘排放浓度、排放总量、除尘设施运行状态等方面进行自动综合分析。

软件设计中不但考虑到数据传输的实时性和安全性,更考虑到数据的使用,即如何利用采集到的数据为环保工作服务。系统可显示监测点污染物的10分钟、日、月、年等排放曲线,并可与其污控设施运行状态图结合,进行相同时段内情况比较。可做企业或同类监测数据历史同期比较(纵向比较)、同类型企业同时段比较(横向比较)等,并可生成各种报表(包括横向、纵向比较数据及应收/实收费数据计算)并打印。系统软件采用模块化设计,组合灵活方便。

(3) 前端端站的特点

有RS-232接口、模拟量输入接口、开关量输入接口,可灵活组合。连接超声波探测器,即为污水流量计;连接澳洲产EMS6型监测器,即为烟(粉)尘在线监测仪;连接污染处理设施,即是一台设备运行状态监测仪;连接其他厂家的各种在线监测仪表,又相当于黑匣子

和适配器。这样系统可靠性得到提高,由一台设备代替了二次仪表、黑匣子、适配器等众多设备,减少了故障点。数据实时传送回环保局,主要存储在环保局中心服务器中,数据安全可靠,使用方便快捷。企业前端设备仅保留最近 15 天的数据。

3. 工程应用实例

广州杰赛科技发展有限公司王少华等研制的在线监测系统已在多个市级环保局得到应用。下面以哈尔滨市环保局为例具体介绍(如图 6-13 所示)。

(1) 系统前端站

目前系统已安装 16 台 YC—2011 端站,共对 18 个污染源和 2 台污控设施运行状态进行监测。系统前端站分三种情况。

YC—2011 端站接企业原有二次仪表。原有 12 家企业的 14 个污染源已安装有二次仪表、黑匣子及适配器,其中 8 个点为国产污水流量计,2 个点为国产烟尘浓度、流速监测仪,另 4 家电厂安装的是澳洲产烟(粉)尘在线监测仪。上述企业都是由于现场无电话线、电话通信效果不好、电话被职工盗打严重等原因而无法通过国家环保总局现有的基于电话线传输数据的在线监测系统与市环保局联网。上述企业中有 2 家安装有污水、烟尘监测设备各一套。

YC—2011 端站直接用来监测污染处理设施运行状态。该种类型用户目前有 2 家,其中 1 家还同时接有烟尘浓度、流速监测仪。两种仪表的数据通过各自的 RS-232 接口与一台 YC—2011 端站相连,通过 YC—2011 端站将数据发送到环保局监测中心进行处理。

YC—2011 端站直接接烟尘、污水流量传感器。该类型用户有 2 家,一家接超声波传感器,作为明渠流量计使用;另一家接烟(粉)尘在线监测探头,用于监测烟囱烟尘的排放量。采用该种方式后,一台 YC—2011 端站就实现了二次仪表、黑匣子和适配器的功能,降低了系统故障率且节约了系统造价。

(2) 中继差转

由于哈尔滨城市面积较大,为了确保通信准确可靠,经过电测及试验,选定在黑龙江电视塔安装一套中继差转设备,这样可保证在半径 40 km 范围内的端站都正常通信,不受外界环境的干扰。而且信号通过中继差转后,得到有效放大,前端端站只需安装室内吸盘天线就能保证正常通信,减小了安装施工难度。

(3) 中心接收及处理

在环保局监理支队成立了监理指挥中心,负责数据采集的电脑将数据采集回来后,集中送入服务器的数据库中。数据库采用 SQL Server 大型数据库,可方便地与各级环保信息中心联网,并兼容国家环保总局现有监理信息系统。

在环保局现有办公计算机网络上安装了一套基于 B/S 模式的环境监理信息系统软件。该软件不仅实现对前端污染源数据的自动实时采集、超标自动报警,而且更注重对数据的分析使用,更好地结合环保业务工作,为环境监理、环境治理工作服务。软件将 GIS 地理信息系统、办公自动化系统与污染源查询、分析、收费系统结合在一起,提高了系统的工作效率。通过该软件,不同的部门通过授权密码可访问、输入、修改、打印与其相关或公共的信息。外部人员可通过互联网访问公众信息。

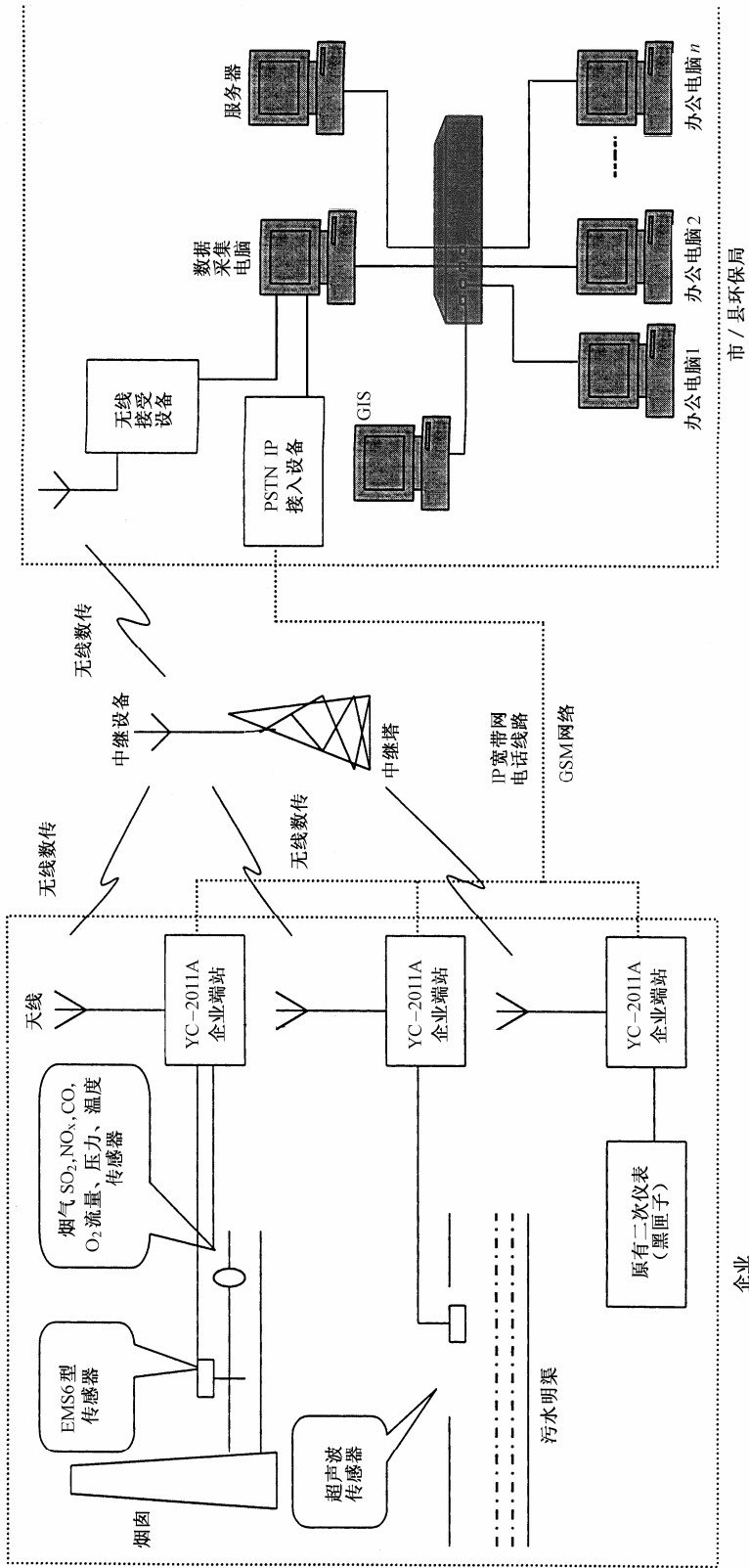


图 6-13 市级环保局监理信息系统示意图

(1) 中心台

中心台主要由中心计算机组和通信设备组成。中心台的计算机组以客户机/服务器结构组成, 设有前台机和后台机, 分别运行相应软件。前台机负责对受控分台进行监控管理, 如受控分台的状态显示、现场数据传输等。后台机主要对前台机采集的数据进行分类统计、打印报表、数据存档等处理, 也可通过局域网供环境管理部门的人员查询监控信息。

(2) 受控分台 (监控终端)

受控分台由终端集中控制器、COD 在线监测仪等各种自动在线监测仪和采样系统等部件组成。终端集中控制器是中心控制台与现场的自动监测仪间的桥梁, 一方面通过无线或有线的方式与中心台通信, 接受中心台指令并做出响应; 另一方面, 又与现场的自动在线监测仪相连, 传送中心台指令并收集自动在线监测仪的采样数据或状态数据, 预处理和存储自动在线仪的采样数据。各终端根据需要监控的指标来安装相应的自动在线监测仪。目前在用的主要有 pH 在线仪、COD 在线仪、在线污水流量计、处理设施运行电量采集器等。污水采样系统由泵阀控制器、采样管和样品容器等部件组成。一个控制器, 可对多个活水排放口污水采样系统进行远程控制。

2. 系统规模

系统设计可容纳上千个受控终端, 根据实际需要还可进一步扩容。目前该系统已实现对 22 个污染源进行 24 小时实时监控, 涉及化工、医药、印染、发酵、造纸、电子机械等行业。监控的废水和废水污染物排放总量接近全市排污总量的 65%, 初步实现了对无锡市重点污染源的自动监控。

3. 监控因子

系统设计监控因子可达 16 个。可根据各污染源排放废水的水质特征, 确定不同的监控因子。目前主要监控 4 项指标: pH、COD、污水流量、治理设施运转率。

另外, 系统软件对监控信息加工处理后提供 8 项统计指标: 平均值, 最大值, 最小值, 超标率, 污染物排放总量, 单位时段内 (日、月、年) 污水累计排放量, 污水处理设施的日、月、年累计运行时间或运转率。根据系统对监控因子扩展的需要, 可以方便地增添监控因子。

4. 系统功能和特点

(1) 中心台的监控功能

中心台可远程控制各监控终端在线监测仪的开启与关闭; 设置和更改自动监测周期, 实现突击采样; 特殊情况下增加监测频次等活动。

中心台可主动监视各受控分台的异常情况 (包括人为和自然因素); 查询自动在线仪的运行状况。若在线监测仪出现故障, 中心台可远程查询故障原因, 便于及时处理。

中心台动态显示受控污染源污水处理设备的运行情况, 一旦设备停运或超标排放, 立即报警提示。

中心台主动与受控分台校准时间, 使上、下行时间同步, 以保证数据采集的时空准确性。

(2) 中心台的数据采集功能

中心台可以用人工方式,以小时为间隔,主动向各受控分台收集数据。

中心台也可设定数据采集周期,自动定期向受控分台收集数据。工作人员可脱机工作。

中心台可以随机查询当前即时或当天任意整点时的数据和设施运行情况。

可以保存、浏览、查询、打印某监控终端三年内任意一日、一个月、一年或任意时段的监控、监测数据。

(3) 中心台的数据处理表示功能

建立污染源监控数据库,开发基于 GIS 的数据库管理系统。系统建立在无锡市 1:250 000 电子地图基础上,通过生成带有经纬度坐标的数字地图和专业性图层,在电子地图上反映污染源自动监控终端的属性数据及其监控信息。

实现适时监控信息的查询、统计、汇总及报表输出,并针对终端的实时数据生成变化过程图,或根据某一污染监控指标生成不同终端间的统计比较图。

可以配合排污申报、环境统计等污染源信息的管理,提供污染源的分布及其污水、废气污染物等排放情况的查询显示,使环境管理部门不出办公室就能及时了解全市重点污染源的污染物排放情况。

(4) 现场监控终端的内部监视、管理功能

现场的监控终端内部,由现场监控软件来管理现场的采样仪器。各类型排污企、事业单位安装了监控终端后,可利用企、事业单位的计算机,安装内部监视软件,与本企业的监控终端可连通。企业环保部门及有关领导可以在办公室内同步查询本企业排放口的实时状况,及时了解本企业的排污信息。通过进行数据统计,便于本企业内部的环保管理、总量控制和排污申报等工作。同时,内部监视软件使用功能受到限制,不能对现场监测仪器进行控制。现场监测仪的控制权始终由环保局中心台掌握。

(5) 其他功能

中心台前台机以本地区地图为桌面,桌面上可直观地增删监控终端,快速查找监控终端位置。

联网功能。在环保部门局域网内实现点位信息、监测数据共享。

系统设置管理权限。中心台工作人员可以更改设置,向受控分台发布指令;一般用户可以方便查看点位信息和监测数据。

中心台与各受控分台之间设有对讲系统,必要时可以进行直接对话。

5. 系统设计、服务与管理

(1) 根据实际需求进行系统设计。

(2) 根据各企、事业单位排污性质,设定必要的监控指标体系。

(3) 根据各企、事业单位污水特征进行在线监测仪的选型。

(4) 根据各终端的现场实际情况进行安装调试。

(5) 以监理、监测人员为主建立管理机构,同时吸收企业环保管理人员、在线仪表生产厂家有关人员参加,进行运行管理。

6.3.6 环境监测信息系统的发展

环境监测信息系统目前还处于初级阶段，未来将向综合集成、信息获取和利用的实时性等方向发展。环境监测自动化程度越来越高。目前大气自动监测在很多地区已经实现，水质自动监测也有应用。可考虑在环境监测信息系统中加入自动仪器接口，实现数据自动输入和自动处理，有利于提高监测数据的准确性和真实性。

污染源的监测数据是环境决策支持系统的基础。要充分利用环境管理信息系统的强大功能。只要在目前的系统中建立相应的模型库系统、方法库系统和知识库系统，就可为环境决策提供完整的解决方案。

通过卫星遥感（RS）技术，利用资源卫星和气象卫星，获得地面的多波段影像资料，用计算机图像处理软件进行判读分析，可以得到最新的客观环境与资源信息。利用全球定位系统，通过 GPS 接收机可获得本地三维坐标。GIS 提供了从空间角度对信息进行描述和分析计算的手段。通过 RS，GPS，GIS 的集成应用，可以使环境信息和地理信息紧密结合，为环境监测信息系统开拓出更广阔的领域。

思考题

1. 水污染控制规划的一般规范是什么？
2. 水污染控制信息系统应包括哪些功能？
3. 水质模型的应用方法是什么？
4. 管网信息管理系统的设计原则是什么？
5. 如何分析环境监测系统的业务流程？

第 7 章 GIS 在大气污染控制中的应用

7.1 城市大气污染控制管理系统

为了保护大气环境，我国许多城市开展了大气污染综合整治、控制规划或总量控制规划等方面的研究工作。如 20 世纪 80 年代以来，上海市分别开展了有关二氧化硫和大气颗粒物污染及其排放总量控制的多个大型课题研究。这些工作对于城市范围的大气环境现状评价、控制污染源和控制治理设施调查是极有价值的。针对大气污染的现状和污染源发展趋势，根据城市各部分对大气环境质量的要求，分析各种形式防治措施和设施的可行性和现实性，进行技术经济分析和模式计算，提出优化的污染源控制削减方案，对城市规划的决策、环保部门的管理和企事业单位落实环保措施等工作都起了很好的作用。但是，以往这些环境规划型的“软课题”研究工作，存在着共同的缺陷是研究的主要成果是大厚本“静态”的研究报告，查阅方案、表格很不方便。特别是在我国经济高速发展的现阶段，城市规划常有更新，原来的企事业单位可能扩建、改造或改进，新的单位不断建立，因此研究报告中的评价、预测和规划，常常在较短的时间后即失去有效性。虽然环境监测数据、污染源数据和优化削减方案数据等是应用 dBASE 等类型的数据库软件存储的，可以更新，但是这些数据库互相独立，污染源数据库的更新并不能说明对大气环境发生的可能影响和更新优化削减方案数据库。环境污染问题和地理位置密切相关，传统数据库已不能适应环保管理工作的需要。地理信息系统可以很好地解决这些问题。

7.1.1 系统结构

大气污染控制管理系统结构如图 7-1 所示。

1. 控制管理

控制管理功能菜单如图 7-2 所示。

污染查询中，能以数字或等值线形式表示浓度分布；以各站监测年变化或在地图上进行站间比较，可以查询造成网格浓度超标的污染源贡献率

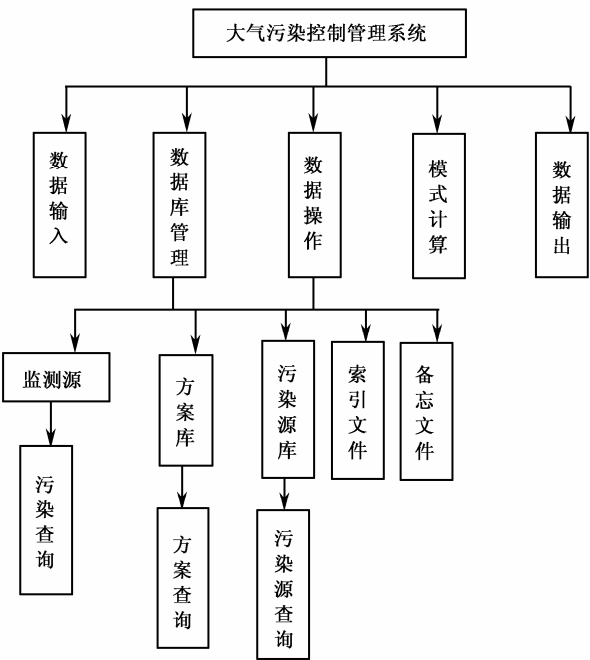


图 7-1 大气污染控制管理系统结构

等。污染源查询中，可以通过地理位置或编号查询单个污染源或单位，包括面源、排放量等，都是以网格“填充”形式表现的；同时可以查询任一网格的实际数值。

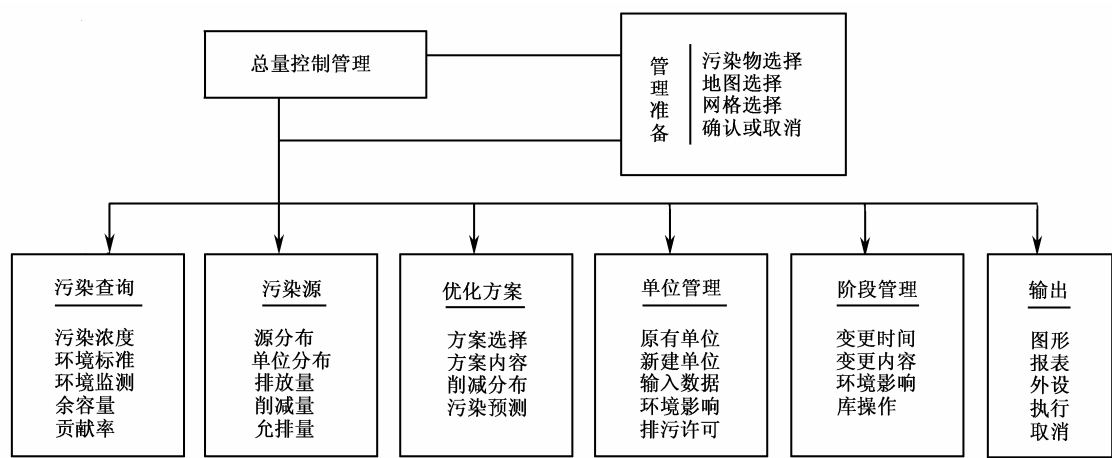


图 7-2 控制管理功能菜单

2．数据库管理

数据文件主要是污染源数据，包括点污染源和面源。其他数据文件可以自动更新。污染数据文件结构是常用数据库结构，以便和环保部门现有的数据库衔接。

3．地图输入

可以通过屏幕输入、绘图仪输入或数字化仪方式输入地图。为了便于输出地图，通过计算比例关系，分有常用图标、专用图标、单线、双线和字符输入等选择。其中图标和字符都可以进行缩放、移动和转动。常用图标指圆三角形、五角形等常用符号。专用图标指地图上可能需要的特殊符号，如桥梁、车站等；有关环境问题的特号，如监测站、排污口等等。单线输入可以选择线型、尺度、封闭、填充和颜色；双线还可以选择线宽。

表 7-1 列出了主要地图输入菜单选项。

表 7-1 地图输入菜单选项

菜 单	选 项
输入方式	屏幕输入，绘图仪输入，数字化仪
常用图标	名称，尺度，角度，颜色，填充，填色
专用图标	名称，尺度，角度，颜色
字 符 串	中文，英文，对齐，颜色，字高，字宽，字距，行角，字角，笔角
单线	线型，尺度，颜色，封闭，填充，填色
双线	名称，线宽，线型，尺度，颜色，封闭，填充，填色

7.1.2 大气污染扩散空间信息系统

云南省环境科学研究所赵碧云等建立了一套大气污染扩散空间信息系统。系统首先采用数值分析方法,建立各种条件下的大气扩散简化微分方程,通过分析,求出解析解,以解析解的模拟结果与微分方程的数值解进行理论误差分析,并对简化模式进行理论修正,确定理论修正参数和变量。采用多点插值的方法将大气污染扩散计算结果数据向矢量化或栅格化的 GIS 数据转移。计算部分、GIS 接口、界面设计、数据库系统设计等采用 VB 语言。图形处理、输入、输出、数据的计算机图形可视化等采用 MapInfo 软件实现。该系统可较好地应用于大气环境规划与评价等领域。

1. 总体设计

(1) 大气模式的建立

点源模式采用传统的高斯模式。线源模式采用风向与线源成任意角时任意长地面线源大气扩散的快速模拟简化模式。面源模式采用 G-H 模型的改进模式。在此基础上建立的大气模式为:一般气象条件下的点、线、面源扩散模式,静风及微风条件下的线、面源扩散模式,日平均浓度模式,长期平均浓度模式,大气多源扩散模型。

(2) 计算机软件设计

大气污染扩散空间信息系统运行于 Windows 用户界面下,用窗口、菜单、控制、对话框、光标等图形画面和符号的操作来完成对系统的使用。选用 VB 语言进行大气扩散模型的程序编制及界面设计;选用中文版的 MapInfo Professional 4.0 桌面地图信息系统作为 GIS 功能开发工具。

整个软件的开发使用 MapInfo 作为支撑环境,用 MapInfo 作系统菜单的总界面。大气多源扩散模型计算部分的计算及界面设计由 VB 编程后编译为可执行文件,挂接在 MapInfo 下调用。大气污染扩散空间数据到 GIS 模块的接口算法及界面设计也由 VB 4.0 完成。大气多源扩散模型计算结果由 VB 进行多点插值的程序编制。

(3) 数据库设计

大气多源扩散空间信息系统中各污染源数据、气象参数、模型控制参数、GIS 地理数据等是计算中不可缺少的数据,数据量庞大,需要一个统一的数据库管理系统来进行增、删、改等操作。在该系统的数据库建立、管理系统的设计上,使用 VB 的 Access 数据库及其 Data Access 功能来进行,使计算与数据库操作在同一开发工具下成为一个整体。

(4) 数据接口

由于 GIS 所接受的数据格式为专有数据格式,因此要将大气扩散的各类数据转换为 GIS 所能接受的数据格式,需对所要转换的数据做如下处理。

污染源数据地图化

大气污染源一般有点源、交通线源、饮食线源、生活面源、工业面源等。要把这些源数据转换为可被所选用的 GIS 软件识别的单个地图对象,以便于 GIS 软件功能模块对源数据的分析处理。该系统可以利用 MapInfo 数据的收集获取功能通过 MapBasic 编程来实现。

计算结果数据地图化

经大气污染扩散模型计算,所得结果为一些离散点浓度值数据。为便于 GIS 分析处理,

需把这些离散点数据转换成等值线或分级等值图。等值线便于对某一特定浓度值分布进行处理分析，分级等值图便于对处于某一浓度级范围的区域进行分析处理。不论是转换成等值线还是转换为分级等值图，都需对这些离散点数据进行插值处理。插值处理有两条途径，即栅格方式和矢量方式，其插值结果数据分别为栅格数据和矢量数据。栅格数据和矢量数据各有优缺点：栅格数据结构简单，精度低，图形质量也低，占用存储空间较大，但便于进行空间分析；而矢量数据结构复杂，精度高，图形质量也高，便于对实体进行分析。

采用矢量方式插值，采用网格法（利用计算结果的离散点数据建立数字高程模型）或三角网法（利用计算结果离散点数据建立三角网）插绘等值线。面状等值图生成需通过编程使等值线闭合并建立拓扑关系。插值生成的等值线采用五点光滑法进行光滑。

(5) 总体结构

系统总体结构见图 7-3。

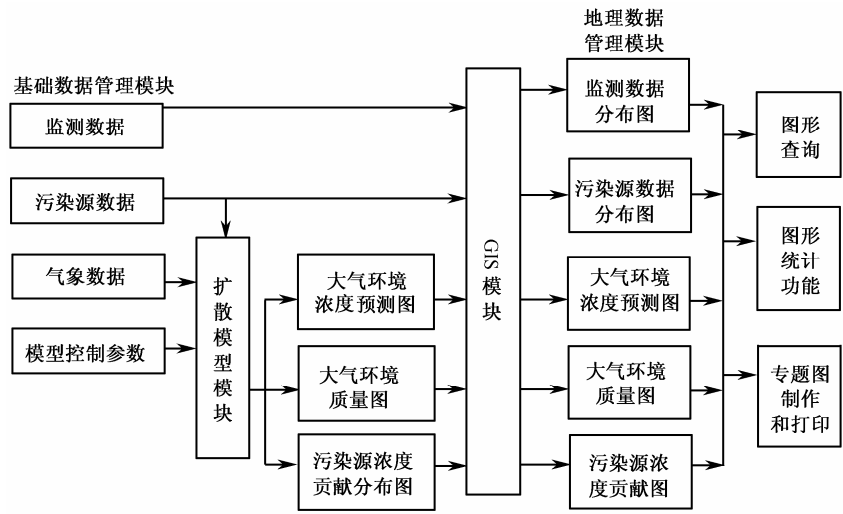


图 7-3 系统总体结构

2. 系统功能设计

整个系统由项目管理、数据管理、大气环境质量、污染源浓度贡献分析、GIS 管理模块五部分组成。

(1) 项目管理

该子模块主要是在进行大气多项目（不同地区）运作时，对各个项目分别进行管理的模块。当开始一个新的项目地区的大气预测时，它为项目建立工作目录及相关文件；当多项目运作时，指定工作指针指向当前工作项目。进行项目的拷贝（当项目结束时，将结果文件、源文件拷贝存放以备将来利用）、转入（将备份的某项目的结果文件、源文件拷回系统）、删除（删除已经完成的项目）、结果数据浏览及打印。

(2) 数据管理

该模块的功能是对系统中的数据进行增、删、改等操作，由数据库管理系统组成。系统数据库由常规气象数据、污染源污染数据、模型控制参数、GIS 地理图形数据等组成。

(3) 大气环境质量

大气环境量子系统由网格浓度预测、测点浓度预测及大气环境质量评价模块构成。

网格浓度预测子系统

该子系统用于计算大气环境中污染物在给定区域大小、计算网格密度大小的情况下，污染物在各网格的落地浓度。该子系统由气态质量模式（用于计算 SO_2 ， NO_x 等其他污染物）、颗粒物质量模式（用于计算 TSP）组成。可参与计算的源类型为点源、生活面源、交通线源、饮食线源、工业面源。该子系统可预测情况为短期浓度预测、日平均浓度预测、长期平均浓度预测、多气象条件短期浓度预测。可分别计算各种源的污染情况，也可计算各源叠加的总浓度。

任意测点浓度预测子系统

该子系统用于计算大气环境中污染物在某些给定的坐标点或关心点上的落地浓度。该子系统的其他功能同 。

大气环境质量评价子系统

环境质量综合指数的计算方法有迭代法、算术平均法、加权平均法、平均值和最大值的平方和的均方根法、平均值和最大值的几何平均值法几种。几种方法中，目前平均值和最大值的几何平均值法使用最多。该系统采用平均值和最大值的几何平均值法对所关心区域进行大气环境质量综合评价的计算。

（4）污染源浓度贡献分析

污染源浓度贡献分析模块是为了解决当对某区域进行环境规划时，若某些污染控制点超过控制标准，对某超标污染控制点，各污染源的分担浓度值是多少？以便按比例削减和治理这些重点污染源。

该子系统可参与计算的源类型同网格浓度预测一样，有点源、生活面源、交通线源、饮食线源、工业面源。可参与计算的污染物种类有 SO_2 ， NO_x ，TSP 等。可预测情况有短期浓度贡献预测、长期平均浓度贡献预测、多气象条件浓度贡献预测。

（5）GIS 管理功能

数据转入功能

进行原始的污染源、浓度结果、背景资料及其他数据的转入，构造地理数据库，以便直观地用 GIS 的图形空间显示各污染源的污染状况、地理位置；便于直接在图形上进行数据库的信息查询。

地理数据转出功能

将库中现有数据转换成所需要的数据格式。

编辑功能

对生成的各类图、表内容进行编辑。

图形功能

对生成图形的输出样式、输出范围及其布局进行定义。

查询功能

对生成的背景资料信息、污染预测浓度等属性和空间信息进行查询。

3. 系统特点

大气污染扩散与 GIS 联合开发的系统具有以下特点：

(1) 模式全面。现污染源模式大多未考虑线源扩散。而随着经济的发展,汽车污染已经成为城市三大主要污染之一,该研究考虑了线源扩散的问题。

(2) 模式改进。对线源及面源模式进行改进,提高了计算速度及计算精度。

(3) 污染源确定及计算点位确定的机动灵活。该研究面源划分可大可小,不受方格划分的限制;计算点位可粗可细,不受方格划分与面源大小的限制,且可任意改变。

(4) 计算速度快。无论一次浓度还是长期浓度,都能保证在多源扩散条件下,数百个污染源若干个计算点位在普通微机上实现实时浓度计算。

(5) 采用先进的接口技术,使该研究开发的软件具有界面友好,易学易用的特点。

(6) 引入 GIS 技术,数据表现力强,实现了大气污染扩散计算数据的计算机图形可视化,计算机一次成图等功能。

7.2 面向对象的大气环境信息系统

以往的环境信息系统大都是环境 MIS 系统,没有和地理信息系统相结合。很少有专为环境预测和影响分析而设计的图形信息系统,不能在环境污染因素由用户自行设定情况下的环境动态模拟仿真;并且绝大部分的环境信息都是由数据库程序和表格记载的方式保存的,不能体现环境污染的空间特性。在对这些信息的处理和应用上,用户有时会感到力不从心,为管理者的决策行为带来诸多不便。

将地理信息系统和大气环境的预测、评价、污染源的识别结合起来是环境管理决策信息软件的发展趋势。大气污染源识别和大气质量评价的信息都是具有极强的区域性和动态性的,从考虑空间特性的宏观角度来处理这类信息,会使信息系统更为准确,更具有参考性。

7.2.1 系统的总体设计

面向对象的大气环境地理信息系统是一个空间型的环境信息系统。它以城市区域监测对象为基础,把资源、经济及环境等有关数据,按其空间位置输入计算机,通过多目标的数据库、分析软件与应用模型,进行环境信息的存储、更新、查询、模型分析、模拟预测、显示及绘图输出等工作。系统应用面向对象的设计方法,能深入研究评价,动态模式预测及污染源识别,能为城市环境管理提供一种现代化的技术手段。

系统主要由四部分组成:大气污染源识别的模式建立及解析算法,大气环境现状评价,大气污染模式预测,数据库和方法库的建立。系统的总体框图如图 7-4 所示。图中列出了系统的各个组成部分和它们之间的关联。由图可以清楚地看出数据的流向、计算的结果构成、系统所能提供的基本功能构成以及各个库之间的协调关系等。

1. 系统的设计目标

(1) 完成城市大气环境监测数据分级使用、录入、修改、校验、查询、检索、备份、装载、转入、转出、统计分析、制图制表,提高工作效率。

(2) 利用常规环境监测和调查等数据,完成大气环境评价、预测和大气污染识别等环境信息处理任务。

(3) 使大气环境信息仿真具有处理空间信息及其相关的属性信息的可视化功能,直观地

的各部分的功能都是基于实用性、通用性的模型,包括大气污染模式预测模型、大气环境质量评价模型、大气污染源识别模型等。因此,建立统一的模型库是非常必要的。构造模型需针对不同的情况,把数据处理常用的算法或难以用构模语言构造的算法存放在方法库中,供构造模型或计算时使用。

(5) 利用 GIS 与数据库的接口功能,实现大气环境质量评价的直观、自然的表现方式。因为信息系统的功能不仅是信息的管理、分析及统计,也需要更强的信息分析工具以挖掘信息的深层含义,以提供强劲的决策和支持,使用户清楚、直观地了解大气质量评价的结果和大气质量状况与地理因素之间的关系。

3. 系统的特点

面向对象的大气环境地理信息系统应具有以下特点。

(1) 系统是面向对象的大气质量评价地理信息系统。是为环境监测数据的网络传输、治理分析、环境管理、决策而设计的软件平台,是一个开放的系统。

面向对象的实现,是在面向对象分析(OOA)和面向对象设计(OOD)基础上,运用面向对象程序设计语言(OOP)来进行系统开发,实现具体的功能和任务。程序设计主要考虑系统的逻辑结构基本稳定。所需功能不管多复杂,都是由一些基本的数据处理功能模块构成的。

(2) 基于地理信息的特点,环境问题和地理信息有着密切的关系。例如,区域的地形地势影响污染物的扩散,工厂企业的分布决定了污染物的种类和数量,城市规划又决定了污染源分布。所有这些地理特性对大气环境都有很大的影响。

(3) 大气环境地理信息系统是具有空间特性的。高级的应用软件,可以使环境信息的空间特性得以体现,使系统具有强大的空间分析功能;具备良好的数据出口和入口,能在电子地图上直观地生成可视化的分析计算结果图表;可有效地使用环境信息,提高环境管理和决策水平。

(4) 用计算机代替人工数据存储、整理统计,可对数据进行查询、检索、制表等,做到环保数据和环境信息计算机处理、共享。现实数据经过模型处理后输入到系统中,系统有机地组织、管理、显示这些数据。有效地克服了以往的系统对数据的收集、处理依靠人工操作带来的时延性和不准确性。

(5) 多库协同的集成化特点。建立支持远程数据库的分类的原始数据库,应用面广。结合环境专业知识建立评价知识库。根据环境决策的不同要求建立城市状况子系统。为便于比较、查询、进行趋势分析和进行决策,建立评价结果库。通过协调各库协同系统,开发组件式的应用集成系统。通过技术集成,实现功能集成化,协调化。

(6) 采用多种语言编程。可以发挥每一种程序语言的优点,避免编程语言的缺点。

(7) 把数据库和环境预测评价有机结合起来,建立了模型库和算法库。可以随时利用不同模型和方法对规划目标进行处理,从而达到最优规划控制的目的。

(8) 针对环保监测的特点,设计具有成本低、可靠性高的远程监测数据通信系统,能真实快捷地为用户提供全面的现场实测信息。

(9) 针对大气环境污染识别和评价的实际问题,考虑到各种条件下的特定情况,要针对性强、实用性强。

(10) 采用模块化程序设计方案,可维护性和可移植性好。程序的代码模块化,便于维护;代码具有相当的通用性、可移植性好。

7.2.2 系统集成

1. 硬件集成

系统的硬件包括 4 大组成部分:数据终端设备(DTE),数据通信设备(DCE),数据采集和信道。其结构如图 7-5 所示。

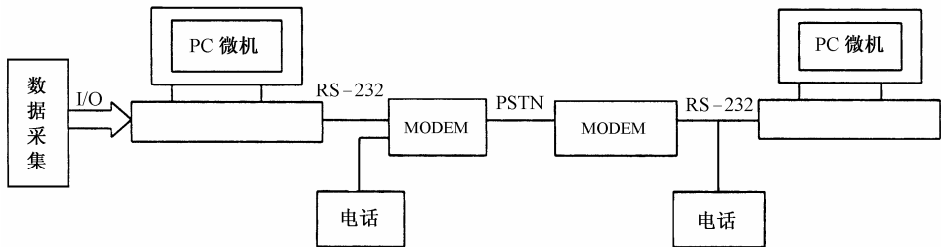


图 7-5 系统硬件集成结构图

2. 软件集成

面向对象的大气环境地理信息系统是一个集成性很强的系统,它运用了许多的 OLE 技术。图 7-6 是系统软件集成示意图。

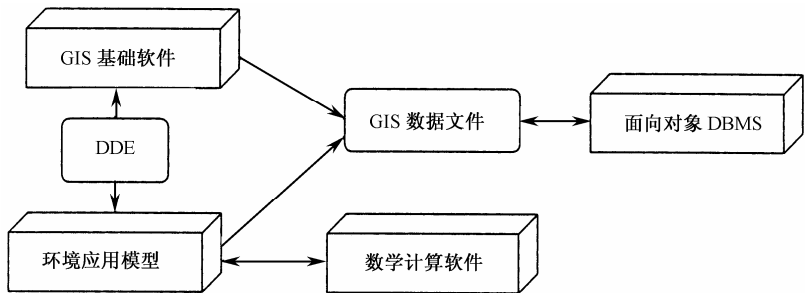


图 7-6 系统软件集成示意图

7.2.3 系统的面向对象性

面向对象方法是一种先进的软件技术。面向对象系统的最基本特征是封装性。封装是一种信息隐蔽技术,用户只能见到对象封装界面上的信息,对象内部对用户是隐蔽的。其目的在于使对象的使用者与设计者分开,使用者不必了解对象行为的具体体现,只需用设计者提供的信息来访问该对象。

1. 面向对象的系统设计

是以对象和类为中心的,可按以下步骤进行:

- (1) 确定构成系统的各个对象及其属性和方法;

- (2) 确定对象间的关系；
- (3) 分析各个对象间的层次关系；
- (4) 协调和优化各个对象的性能及相互关系，达到系统的最小实现；
- (5) 设计和实现每个对象的功能细节。

2. 面向对象系统的优点

面向对象方法在系统开发的前期就使分析和设计尽可能地接近人类认识客观世界的方法。其基本出发点是尽可能按照人类认识世界的方法和思维方式来分析和解决问题，它与现实世界之间有着自然而直接的对应关系。其优越性具体体现为：

(1) 采用了人类组织信息的三种基本方法：对象与属性，分类结构，装配结构。这极大地增强了对现实世界的表达能力。

(2) 完备的封装机制。实现了对象属性与行为的一体化，保证软件开发的高模块化。具有最少依赖性，实现了软件系统的稳定性。

(3) 对象拥有的自治性和独立性，保证了面向对象分析和面向对象设计方法的实现。

(4) 独具特色的继承机制。实现了软件和信息的重用和共享，既提高了软件生产力，保证了软件开发质量，又增强了软件的可开发性。

(5) 对象的消息传递机制。实现了软件系统不同模块之间的相互联系和作用。避免了系统内部运行机制因直接调用和操作所引起的不安全和不可靠因素。

(6) 完备的面向对象概念和数据模型。先进的机制和能力，使得软件开发更易走向规范化和标准化，这对提高软件系统可维护性以及软件的生存和竞争力是十分有效的。

7.2.4 系统的建模和计算

应用模型是系统的关键所在，其他一切工作都是围绕应用模型的。系统主要包括大气污染源识别、大气质量评价、大气模式预测3个应用模型。

1. 大气污染源识别模型

了解污染源的情况是控制和治理环境污染的重要前提。直接监测污染源是必要的，但在大部分情况下，直接监测污染源是困难的。于是人们就转向监测大气污染源的排放物，再由污染物数据去推算出污染源的类型及其成因率。从原理上讲，由污染物推算污染源是合理的。污染源与污染物之间是因果关系，由污染物推算污染源，则是由果及因的过程，因此，只要监测数据完整，推算方法正确，是可以准确地判断出污染源信息的。

在研究城市大气污染问题时，需要弄清地面污染源的类型及其成因率。问题是大气污染物与地面污染源之间不是一一对应的关系，即并非某一种污染物对应某一种污染源。它们是错综复杂地存在着，即某一污染源排放数种污染物，而其中的一些或一种污染物又与其他污染源相同。在这样的情况下，不可能采用直接推算法。因子分析法可以解决这种错综复杂的对应关系。基本原理是：将污染源作为若干个待求的因子，建立起污染源因子与污染物元素数据间的数学模型；再由该数学模型推导出两者间应满足的关系式。经过计算得到关系式后，需要对关系式系数矩阵（成为因子负载阵）进行判断，判断结果即可得到某区域的污染源类型及其成因率。

2. 大气质量评价模型

(1) 上海指数法

该法是根据计算污染指数值的大小来确定大气污染级别的。

(2) 模糊数学综合评价法

该法是利用大气环境质量分级差异中间过渡的模糊性,通过建立隶属函数;根据单项污染指数指标分别求出隶属度;建立模糊关系矩阵,计算权重及综合评判等,从而得出模糊综合评价结果。

(3) 欧几里德贴近度法

此法是利用有限模糊子集 A (质量标准子集) B (实测值子集) 之间的欧几里德贴近度公式建立隶属函数关系,通过多级评价,在每级评价中取隶属度最小者即可。

3. 数据组织

(1) 数据来源

数据包括区域背景、环境信息与辅助信息三大类。区域背景数据包括行政区规划图、功能区图等。

环境数据包括大气污染源、大气环境监测、大气污染效应、大气环境管理、大气环境标准、大气环境统计等。

辅助信息包括人口、经济和气象等数据。

(2) 数据类型

环境基础数据包括多因素大气测定数据、模式预测数据库、污染源识别数据、污染源相关元素表、不同地区大气质量现状监测、历年环境质量现状评价等。

7.2.5 大气质量评价子系统

大气质量评价子系统是将 GIS 和面向对象的方法用于大气质量评价的研究中,利用人类在现实生活中常用的思维方式来认识、理解和描述问题。使地图上的对象和数据库对象成为既包括属性,也包括作用于属性的操作之上的运行实体。将评价结果加于地理信息之上,使评价结果可视化、地图化,评价图更加生动、直观便于理解和决策。

大气环境现状的评价可对大气环境要素优劣做出定量与定性相结合的评价。以国家制订的大气环境标准或污染物在环境中的本底值作为根据,将环境要素的优劣转化为定量的可比数据,最后将这些定量的结果划分等级以表明环境受污染的程度。基于数据库中的环境质量数据和污染源数据,从不同空间范围角度(省、城市、或任一区域等),应用模型方法对大气环境现状做出总的观察分析,由此判断某所选区域的主要环境问题。系统设计结构图如图 7-7 所示,系统功能结构图如图 7-8 所示。

(1) 评价地理信息模块

包括电子地图和电子地图数据库两个部分。此模块将大气质量评价结果与电子地图和地图数据库相联系,将评价结果库中的数据与评价地理信息模块连接,建立基于地理信息的可视化、地图化的大气评价图。

(2) 数据处理模块

利用 VB 等编程语言设计面向对象的数据处理模块，建立与原始数据库、评价知识库的可视化连接，对数据进行计算、处理、分析，可按要求送入评价结果库分类保存，并与评价地理信息系统建立连接。

(3) 原始数据库

大气环境监测数据量很大，需要建立一个有序的、利于管理和运用的数据库。原始数据库将观测数据按污染物种类、监测时间、监测地点建立统一的数据库。

(4) 评价知识库

评价知识库内存有评价算法、大气质量等级的国家标准以及大气质量等级的评判标准，以便处理数据时调用。

(5) 城市状况模块

此部分主要包括用做背景的各种类型的原始地图及相关的地理信息。原始地图有城市规划图、地形图、地势图以及污染源分布图等。相关的地理信息包含城市规划信息，地形、地势状况及各污染源的分布信息和数据等。在与评价地理信息模块建立连接后，就可做进一步的处理，成为可以显示多重信息的电子地图。

(6) 评价结果库

由于数据量较大，各类数据应分类保存。将经过处理的大气质量评价结果的相关数据单独建库存放，便于管理、运用、查询；并且易于和评价 GIS 模块动态地交换数据。

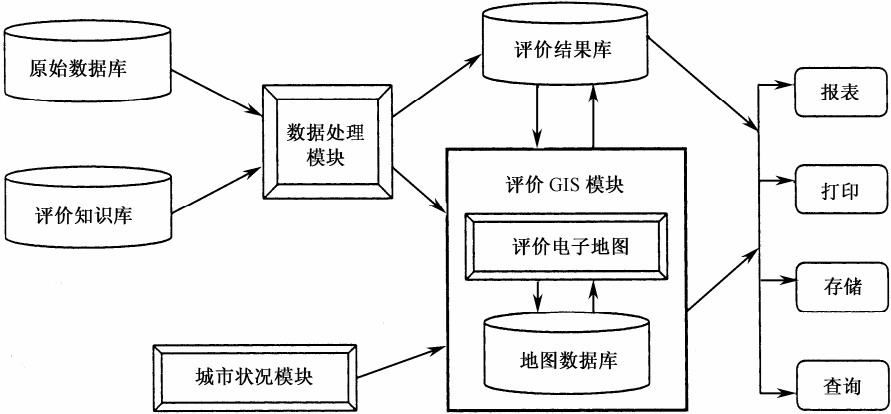


图 7-7 大气质量评价子系统设计结构图

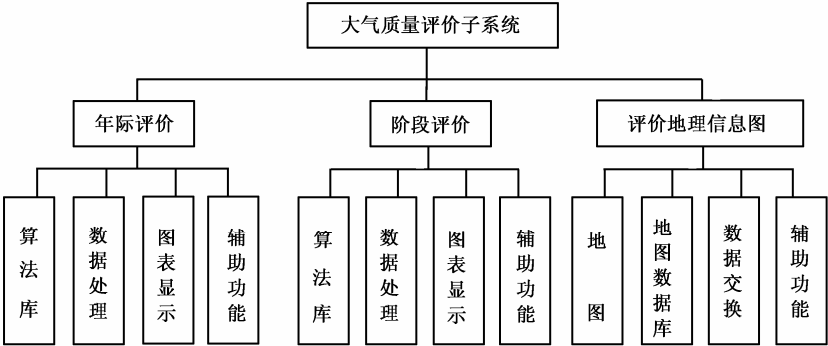


图 7-8 大气质量评价子系统功能结构图

由图 7-8 可知，大气质量评价子系统的功能主要由 3 部分组成，包括大气环境质量年度评价、大气质量阶段评价和大气质量评价地理信息图。通过调用算法库中的算法，根据大气污染物的监测值进行计算，得出年度大气质量等级和阶段大气质量等级，并可绘出大气质量状况趋势图。

7.2.6 大气污染源识别子系统

设计大气污染源识别子系统的主要目的是：针对大气污染源识别的实际工作，采用因子分析法将各个污染物对每个污染源因子的相关系数计算出来，再利用模糊逆推法将污染源因子推算出来，并绘制污染源因子贡献率图，使用户清楚地了解该地区大气污染与何种污染源最为相关。子系统的总体结构如图 7-9 所示。

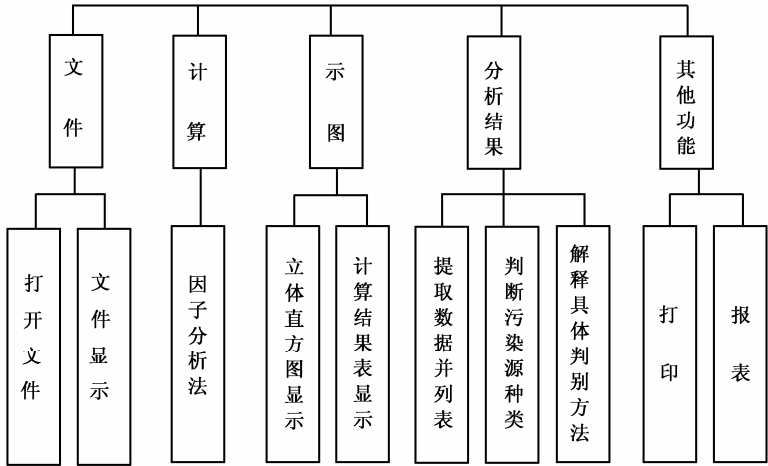


图 7-9 大气污染源识别子系统结构图

大气污染源识别子系统可根据不同大气污染物的统计观测浓度和分布，采用因子分析、模糊或神经网络等方法，智能地分析出城市污染类型（如煤烟型污染、粉尘污染、混合性污染等）和不同污染物对大气污染的影响度，为决策提供分析依据。而且可分析环境影响诸因素变化情况、主要污染源和主要污染物的特性等多种因素。以图表直观且清晰地表达，便于理解分析和快速做出决策。

7.2.7 大气污染模式预测子系统

设计大气污染模式预测子系统的目的是：按照大气扩散模型来计算污染物扩散的各种浓度值，建立不同污染源模式下的大气污染浓度与时间和高度的关系。子系统的总体功能结构如图 7-10 所示。

7.2.8 数据库管理器子系统

大气环境地理信息系统的各个部分都要与数据库建立接口，进行数据交换。对数据库进行统一管理，是使系统具备数据处理、动态数据交换、数据预览和输出等项功能的必备条件。

设计数据库管理器子系统的目的，就是对系统所有的原始数据、运算结果数据、运算标准数据、动态交换的数据以统一的格式保存，以便于进行处理、调用、交换和打印输出。数

据库管理器子系统结构如图 7-11 所示。

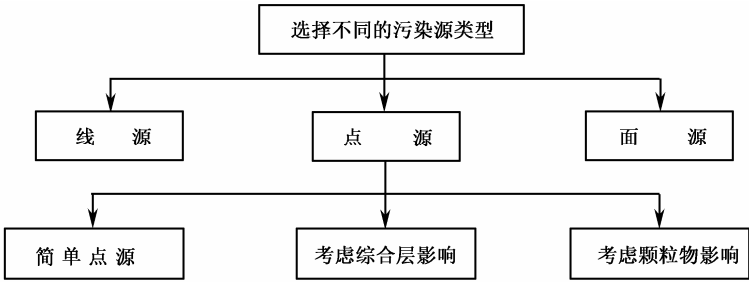


图 7-10 大气污染模式预测子系统结构图

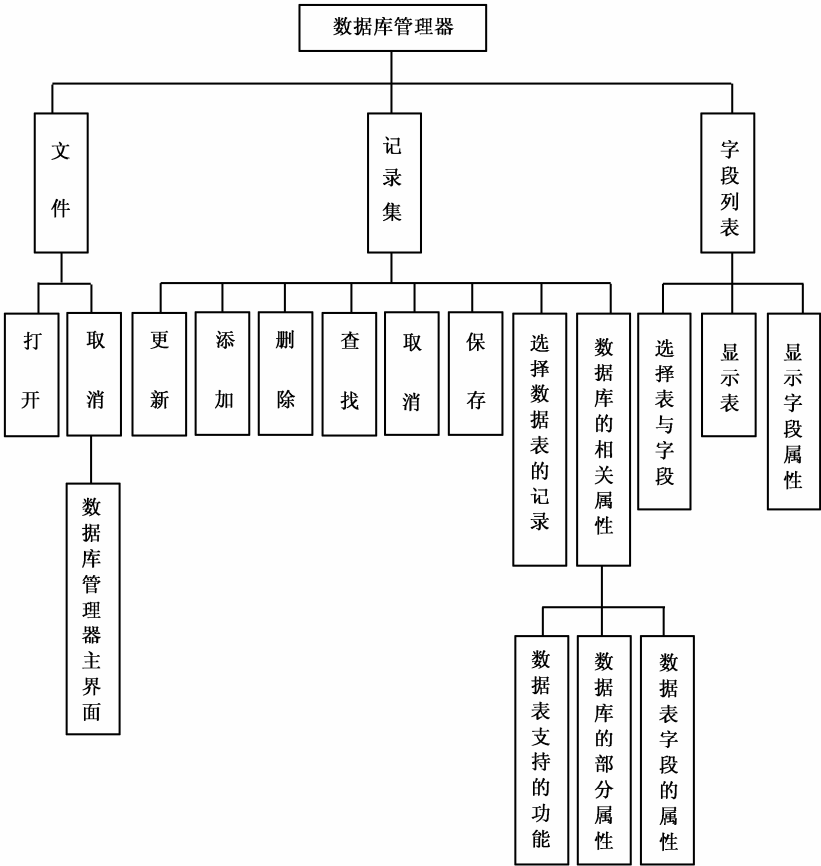


图 7-11 数据库管理器子系统结构

思考题

- 1. 大气污染控制管理系统应包括哪些模块？
- 2. 设计大气污染控制管理系统应考虑哪些功能？
- 3. 大气环境信息系统的总体设计思想是什么？
- 4. 大气环境建模方法有哪些？如何建立评价系统？

第 8 章 GIS 在其他环境控制中的应用

8.1 基于 GIS 的城市交通噪声管理系统

随着城市的发展和道路基础设施的逐步改善，城市的各类车辆数量急剧上升，交通噪声污染也越来越严重，在一些大中城市尤为突出。按照环境噪声影响评价的工作等级划分，城市居住区的环境噪声评价应按一级标准执行。目前国内进行交通噪声环境评价主要采用实测为主、预测为辅的办法。而国外的居住小区噪声评价采用的是预测为主，并结合一定数量的实测方法。这种差异主要是噪声环境评价标准、评价等级和技术手段不同等因素造成的。但是对居住小区交通噪声评价而言，预测似乎比实测更实用一些。实测难以保证当时交通流量是一天最高的或最具有代表性的。

8.1.1 噪声

1. 交通噪声的影响

当交通量达到对人们造成干扰，或由其产生的声音达到对人们造成不利影响的程度时，交通噪声就成为一大问题。随着城市人口的增多，车辆增多带来的影响越来越严重。一些城市道路在设计时就未考虑交通分流，一些靠路而建的房屋在设计时也未考虑交通噪声的影响，因此沿路居民经常受到高音量噪声的干扰。

交通噪声可能会对人造成以下方面的干扰：

睡眠：调查表明，高音量交通噪声或持续的尖鸣（例如，一辆轰鸣的卡车通过）可以打断或干扰人的睡眠。

工作：交通噪声会降低人们在办公室、工厂或学校的工作质量和工作效率。

听觉：电话交谈、商业和家庭会议、收音机或电视机，也会受到交通噪声的影响。

噪声对一个人的影响程度取决于他对噪声的敏感性。同样程度的交通噪声并不是对每一个人都能形成干扰。很多情况下，人们对高音量的噪声已经变得习惯了。干扰也取决于人们的活动行为和活动时间。如在白天可忍受的一些噪声，在晚上往往令人无法忍受。又如摩托车的声音对骑车人来说可能很悦耳，但却往往会干扰附近的居民或行人，尤其是在晚上。

2. 声音的特征和度量

声音是在物体运动时产生的，比如风吹树叶、空气经过我们的声带都会发出声音。这种运动会引起空气的振动或波动，就像水中的波纹一样。当这种振动传到我们的耳朵时，就听到了所谓的声音。

对于人类来说，声音有两个主要特征：音量（或强度）和频率（或音调）。最常用的测量音量的单位是分贝（dB）。由于人类的耳朵并不是对所有可听到的频率范围的声音同样敏

感(分贝水平就是据此而定的),所以我们使用A量级分贝或dB(A)来加以描述。

但是,分贝水平并不和表面上的嘈杂成简单的关系。假如某一条公路上的交通量增加一倍,那么噪声的能量也会加倍。然而这种双倍的能量仅仅使噪声水平增加约3dB,这个增加量刚刚能被我们的耳朵所察觉。而对于表面噪声加倍,则可能会增高10dB,即在能量上增加10倍。道路上的车流量从每天1000辆增加到每天10000辆。就会产生如此效果。

3. 车辆噪声的来源

车辆低速行驶时主要通过发动机、传动设备、排气管及刹车等发出噪声。而高速行驶的车辆,噪声主要来源于轮胎和地面之间的摩擦以及空气扰动。

4. 交通噪声的变化

道路近处的交通噪声取决于下列因素:一是车流量、车流速度、坡度陡缓,这些因素增大,会导致交通噪声增大。二是路面特征,较粗糙的表面结构,会导致交通噪声增大。

可能产生噪声影响的其他因素有:

- (1) 距离:当观察者远离公路时,交通噪声将会逐渐减弱。
- (2) 植物:公路两侧任何类型稠密的植物屏障都会使车辆噪声影响减小。
- (3) 地面条件:若地面松软,则它会吸收一些噪声能量;若地面坚硬,则噪声能量会被反射。
- (4) 自然的和人为的屏障:在观察者和道路之间的山丘、房屋以及墙体,将会减弱噪声水平。
- (5) 主导风向。

5. 交通噪声的测量

交通噪声水平是经常变化的。这种变化表现在两个方面:

- (1) 当单个车辆接近并且经过观察者时,噪声水平将会增加,达到峰值后逐渐下降。
- (2) 整个白天中通过的车辆总数是变化的,早晨和下午车流高峰时是一天中最嘈杂的时候。

在较长时间进行的噪声测量表明,相对的交通噪声水平并不被高峰时期交通量过度影响。测得的噪声水平超过某一规定时期的10%是一种正常现象。每小时测得的值就记作 $L_{10}(1h)$ 。假如1小时测量期间高于65dB(A)的音量超过6分钟,那么 $L_{10}(1h)$ 就是65dB(A)。

如上所述,一天中每时每刻的噪声水平都在变化。在早上和晚上车流高峰时达到峰值。单就1个小时来看并不足以说明一条路上多么嘈杂。因此, L_{10} 通常从早晨6时到午夜12时内每一小时都要测量,大多数车辆都在这个期间行驶。这些单个测量值的算术平均值可以计算出来,我们称之为 L_{10} 的18小时指数,记为 $L_{10}(18h)$ 。因此,假如63dB(A)是这18个 L_{10} 测量值的算术平均值,那么 $L_{10}(18h)$ 指数就是63dB(A)。

8.1.2 交通噪声预测与规划

交通噪声除了由交通流量决定外,还与声源与接收点的空间位置、地面覆盖类型以及交通噪声传播过程中障碍物的特性有关。这些影响交通噪声的因素都具有明显的空间特性。也

使得交通噪声预测应当使用考虑噪声的衰减、散射、绕射、反射、吸收的较为复杂的三维空间模型。要建立这种复杂的空间模型和相应的应用系统,一般的计算机编程语言难以胜任。利用地理信息系统和相对成熟的噪声模型,建立用于居住小区交通噪声预测与规划的应用系统,为交通噪声预测与评价,居住小区交通噪声调查与规划提供相应的技术支持。

1. 地理信息系统软件的选择原则

(1) 运行稳定,性能良好,二次开发语言库丰富,具备所有面向对象程序开发语言的优点。这有利于系统开发和扩展。

(2) 因为用于交通噪声预测与规划的潜在用户包括建筑设计工作者,各类 CAD 软件,如 AutoCAD 和 MicroStation,是建筑设计中常用的工具,因此要求所用 GIS 能直接读写 CAD 数据,如.dwg, .dxf 和 .dgn 文件,并能直接对其进行编辑、分析等操作。

(3) 具有较强的三维分析和三维显示能力,而且它支持三维点、线、面实体,具有体三维的特点。适用于噪声预测中的各种地面实体的操作与显示,如城市高层建筑、噪声接受点、交通道路、噪声阻挡物、建筑物等。

2. 交通噪声预测模型的选择

在众多的交通噪声预测模型中,较经典的是英国交通部于 1988 年发布的 DOT (Department of Transport) 模型。DOT 模型进行交通噪声预测主要分三步。

第一步,根据交通流量、车速、轻重型车的比例、公路宽度、公路坡度及路面特性,预测离车道路边缘 10m 处的基准噪声级。该噪声级是一定时段内(1h 或 18h)的峰值噪声级 L_{10} 。计算公式和参数如下:

基准声级(L_{10})=参考声级(L_{10})+速度与车型修正+道路坡度修正

1h 参考声级(L_{10})=42.2+10 lgQ (假定无重型车、车速 75 km/h) dB(A)

18h 参考声级(L_{10})=29.1+10 lgQ (假定无重型车、车速 75km/h) dB(A)

速度与车型修正=33lg[(V+ΔV)+40+500/(V+ΔV)] +
10 lg[1+5p/(V+ΔV)]-68.8 dB(A)

道路坡度修正=0.3G dB(A)

$\Delta V = [0.73 + (2.3 + 1.15p/100) \times p/100] \times G$ km/h

式中 Q——预测时段内(1h 或 18h)的车流量;

V——修正后的车速;

p——重型车比例;

G——道路坡度。

第二步,考虑交通噪声传播中的距离衰减及反射、阻挡、吸收等各因素,预测单一交通路段对某接收点的噪声影响声级。预测公式和参数如下:

预测声级(L_{10})=基准声级(L_{10})+距离衰减修正+地面吸收修正+

声屏障阻挡修正+声源有限长修正+墙体反射修正

距离衰减修正=10lg(d/13.5)

地面吸收修正=

$$\begin{cases} 5.2I \times \lg[(6H-1.5)/(d+3.5)] & 0.75 < H < (d+5)/6 \\ 5.2I \times \lg[3/(d+3.5)] & H < 0.75 \\ 0 & H > (d+5)/6 \end{cases}$$

声源有限长修正=10 lg (a/180)

墙体反射修正=1.5×(反射视角之和/a)

声屏障修正采用多项式拟合方式，分声影区、声暴露区分别进行计算，比较复杂。

式中 d——预测点到车道中心线的垂直距离；

I——软地面植被覆盖率；

H——地面植被高度；

a——预测点对声源的视角。

第一、二步的流程图如图 8-1 所示。

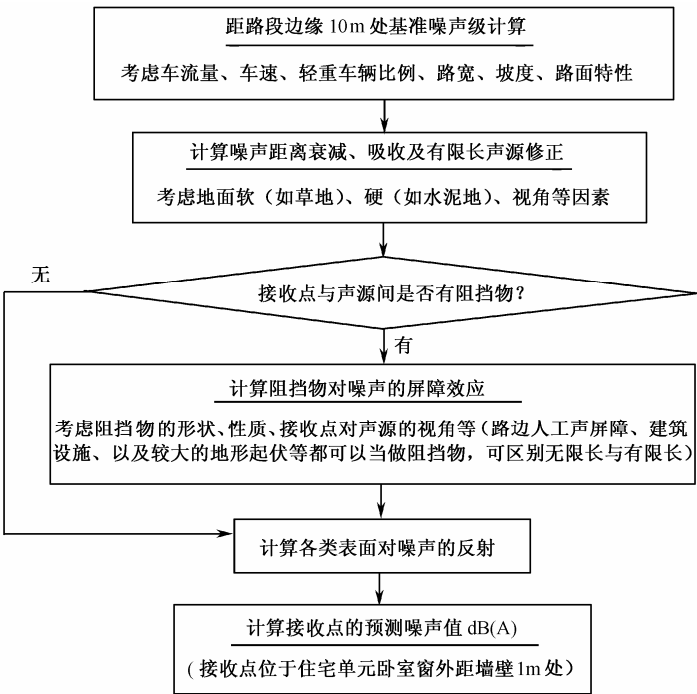


图 8-1 DOT 模型预测单一路段对接收点噪声影响声级的流程图

最后一步，计算影响该接收点的所有路段共同作用的总声压级，完成接收点处的交通噪声强度预测。

3．交通噪声预测与规划系统结构

考虑到模型的完整性与可更新性，GIS 与噪声模型是以文件交换方式松散结合的。系统应由属性数据处理、空间数据处理、噪声预测运算、预测结果查询显示四部分组成。图 8-2 表示出各部分的功能及其相互关系。

4．系统的运作方式

利用建成的系统进行居住小区交通噪声预测与规划主要包括以下步骤。

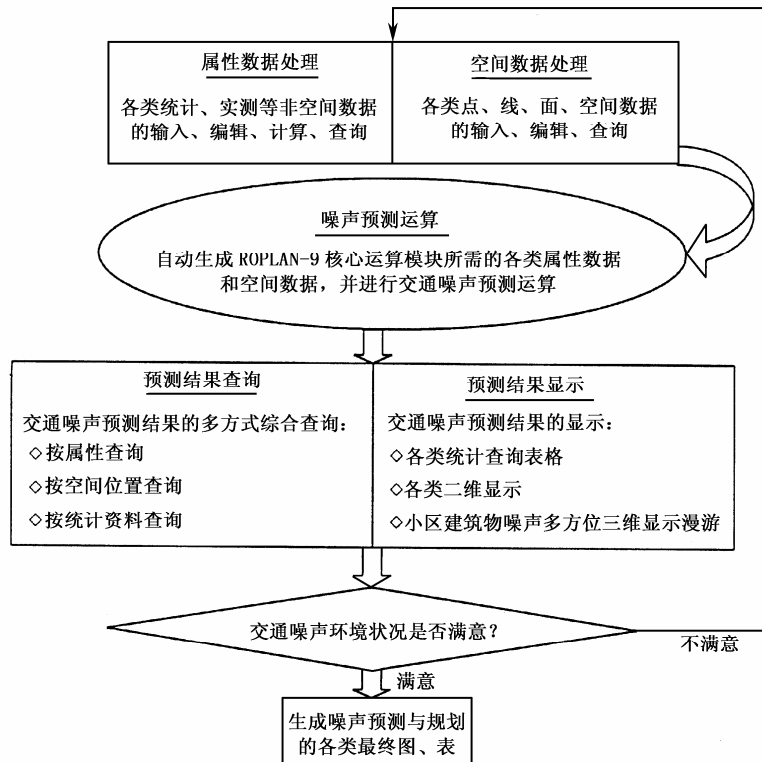


图 8-2 居住小区交通噪声预测与规划系统结构框架

(1) 将进行交通噪声预测与规划的各要素分成若干图层，分别数字化输入，并建立各自对应的属性数据库。通过数字化输入各建筑物轮廓，设计规划则直接读入建筑设计平面图。实际应用中最好用比例尺大于 1:1 000 的地形图和建筑设计平面图。系统主要用以下几种要素进行交通噪声预测：

- 交通路段：将公路分割成若干的直路段，系统中利用 GIS 的动态分段技术实现。
- 地面类型：将预测涉及范围内的地面分成软、硬两种，并由闭合多边形表示。
- 地表断面：指能影响交通噪声传播的地表断面，由折线表示，折线点都有海拔高度。
- 阻挡物：指能阻挡噪声传播的人为设施，由线段表示，其两端都有海拔高度。
- 建筑物：指需要对其进行交通噪声预测的建筑物，由闭合多边形表示。
- 接收点：交通噪声接收点位于各建筑单位外 1m 处。

另外，进行交通噪声预测还需要该地区的数字高程模型 (DEM)，由一系列能表示预测建筑物附近地表起伏状况的高程点表示。

(2) 对各要素进行空间分析，生成 DOT 模型运行所需要的各参数 (见表 8-1)。其中，属性数据，如楼高层数、交通流量、轻重车辆比例、建筑物方位等，是实地观测数据，主要靠手工输入；而空间数据则是由系统自动生成，如道路坡度、接收点高度及对声源的视角、各要素的空间位置等。

(3) 通过 GIS 启动运算模块，完成交通噪声预测运算。

(4) 读入预测结果，进行小区交通噪声统计分析、用户查询和三维显示。给出交通噪声分布直方图，超标住宅单位的楼层分布等统计图表。用户可以多种方式进行预测结果查询，如按接收点的名称、按噪声级 ($N_1 < \text{dB(A)} \leq N_2$)、按地理坐标 (X, Y, Z) 等。查询结果显示根据需要可以是数字、表格和图形。另外，系统可以将建筑物三维显示，超标的建筑单位用红色表示。

(5) 根据预测结果可以进行设计建筑物群的交通噪声规划，以改善交通噪声环境。系统应提供多种对设计建筑物的空间操作，如移动、旋转等；提供设置模拟声屏障的工具，并能迅速生成新的模型数据和重新进行预测计算。对从不同的建筑物设计方案和减噪措施方案中得到的交通噪声预测结果，可以做各种比较分析，以确定环境、经济效果最优的组合。

表 8-1 交通噪声预测中用到的各种参数

要素	例子	属性参数	空间数据
交通路段	街道、各等级公路	车流量、轻重型车比例、车速、路面性质、车道数、路宽	起始点坐标、海拔高度、坡度
地面类型	草地(软)、裸地(硬)	硬或软	闭合多边形的各点位置
地表断面	公路两旁的陡坡、断崖	无	折线各点位置与高度
阻挡物	声屏障、房屋、院墙	阻挡物宽度、阻挡物缝隙度	线段两端点位置与高度
建筑物	居住小区内楼房	楼层数、每层楼高度、卧室方位	多边形顶点的位置
接收点	× 栋 × 楼 × 号卧室外 1m	名称	位置、离地面高度、海拔高度、对声源视角

8.1.3 应用实例

北京大学李本纲等研制的预测与规划系统对香港荃湾区 21 个小区 39 000 多个住宅单位进行了交通噪声预测，并和 409 个实测点结果比较，证明预测结果误差在 2 dB 以内。该结果与国外同行应用 Road-Noise 得到的结果接近。这些误差主要是由预测中用到的数据与实际数据的差异造成的，如预测交通流量与实际流量的差异、各类数字化数据的输入误差等。为了评价小区最坏噪声情况，预测和实测用的都是一天中交通最繁忙的 1 小时噪声平均峰值 L_{10} (1h) 指标。交通噪声实测工具是 Bruel & Kjaer 2260 型一级精密噪声计。绿杨新村居住小区是香港荃湾区受交通噪声影响相对较轻的小区之一，进行交通噪声预测的住宅单位共 3 136 个。如果以一天中交通最繁忙的 1h 居住小区平均峰值噪声 L_{10} (1h) 大于 70 dB(A) 为超标，则共有 815 个住宅单位的交通噪声超过 70 dB(A)，占住宅单位总数的 26.0%，且大部分超标噪声在 75 ~ 77 dB(A)；如果将超标单位所在建筑物进行适当调整（移动和旋转），调整后超过 70 dB(A) 的单位为 320 个，占 10.2%，且超标噪声都在 70 ~ 74 dB(A)。

图 8-3 与图 8-4 分别是将绿杨新村小区建筑物进行适当调整（移动和旋转）前后所得交通噪声预测结果直方图。如果该小区在当初建筑设计时进行了类似的交通噪声规划，相信噪声环境会比现状要好些。

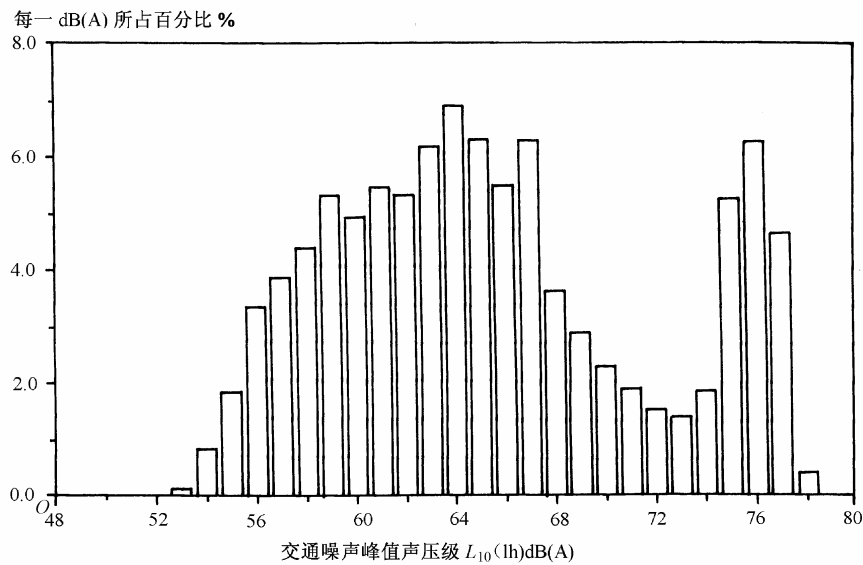


图 8-3 调整前绿杨新村小区交通噪声分布直方图

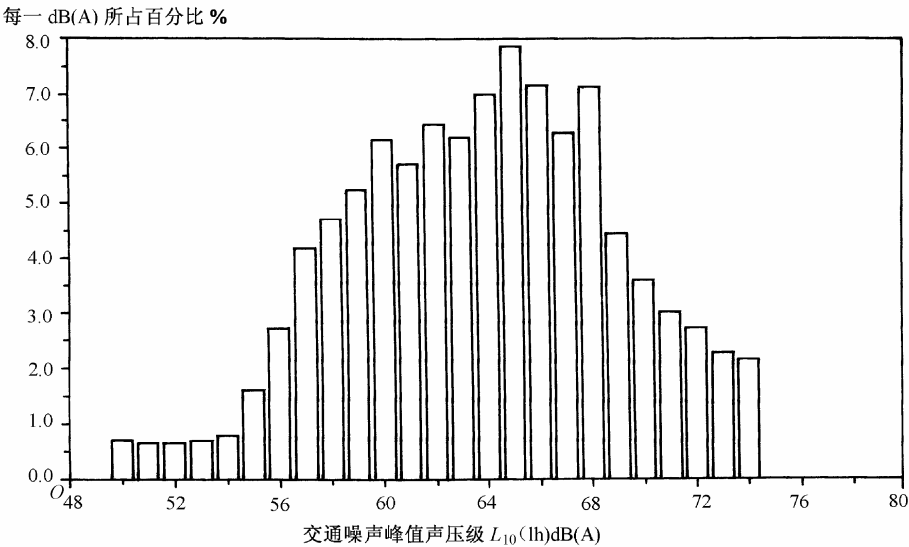


图 8-4 调整后绿杨新村小区交通噪声分布直方图

8.2 GIS 技术在环境污染事故应急管理中的应用

近年来，随着经济的迅速发展和人口的不断增加，我国环境污染问题日益严重，突发性环境污染事故时有发生。如深圳市化学危险品库燃烧大爆炸；长江上运载两吨多砒霜的货轮沉没；贵州装载剧毒农药的车辆翻车造成的农药泄漏；广州登峰加油站汽油外泄造成东濠涌爆炸等。这类事故发生突然，破坏性大，直接关系到人民生命安全，关系到国家财产损失，也往往使人民赖以生存的生态环境遭到严重破坏。这是经济发展中一个不可忽视的问题，已引起了我国各级环境管理部门的高度重视。

做好突发性环境污染事故的预防监测、应急处理及善后工作，建立运行有效、行动快速的事故应急管理系统，是最大限度减少损失的关键。目前，我国已有不少学者对突发性环境污染事故的预防应急监测与处理等方面进行了研究，并已建立了一些事故应急管理系统。但是，已建立的这些系统大多是针对突发性环境污染事故应急管理的某一方面的问题进行的，大多数情况下并不能充分满足事故应急管理的要求。而且，由于技术所限，在紧急情况下这些系统往往不能为环境管理者提供快速有效的辅助决策。将 GIS/ES 技术应用于建立突发性环境污染事故应急管理系统，对建立实用的事故应急响应与管理系统，提高突发性环境污染事故的应急管理水平及拓宽 GIS 与 ES 的应用领域具有重要意义。

8.2.1 GIS/ES 技术

1. ES 技术专家系统

是一种以知识为基础，能对某一专门领域的问题提供“专家级”解决办法的计算机程序。它面向现实世界中那些需要专家来分析、求解的半结构化或非结构化的复杂问题。强调利用专家的专门知识和推理方法来实现专家水平上的问题求解。利用 ES，可确保一切有关的信息都能得到考虑，并使少数专家的知识更容易为决策者所利用。另外，专家系统的评价过程是透明的，大量的和各种各样的初始信息可以用始终如一的方式处理。但是 ES 也存在一些根本缺陷：ES 只能处理半结构化或非结构化的问题，不能处理结构化的问题；它的数学计算能力不强，更不具备处理空间信息的能力；此外，ES 的推理速度较慢。

鉴于 GIS 与 ES 各有优势，两者具有一定的互补性，它们的集成将有助于扬长避短，从而增强整体功能。GIS/ES 技术正是 GIS 技术与 ES 技术相集成的产物。实际上，它是 ES 技术在 GIS 中的一种应用。智能型 GIS，基于知识 GIS，地理专家系统皆属于这一范畴。ES 在 GIS 中的应用包括地图设计、影像特征提取、智能数据库管理和地理决策分析等。它对 GIS 有两个重要作用：其一是为 GIS 提供智能界面，即按动能需要设计有效的操作程序，以驱动 GIS 进行空间分析；其二是进行启发式推理，这也是专家系统的主要功能。

2. GIS 与 ES 集成系统的实现

集成系统的体系结构影响到系统的集成度和运行效率。目前，GIS 与 ES 的集成所采用的体系结构主要有两种形式：嵌入结构和对称结构。

由于对称结构比嵌入结构方法简单、易于开发，选用对称结构的集成方法比较有利。目前 GIS 与 ES 的集成大多采用这种结构，如黄波等人设计的 ZOMAN 系统及赵士鹏等人设计的泥石流危险度评价系统。在这种对称结构的集成系统中，GIS 与 ES 保持相对独立完整，两者有一共同的用户界面，并通过公共接口模块完成特定的功能。GIS 被用来产生空间数据库并作为空间分析和显示的工具，而专家系统则被用来产生面向应用领域的知识库，并利用其推理机理进行启发式推理。同时，ES 也可用来产生命令文件，以驱动 GIS 的操作。

8.2.2 GIS/ES 技术应用于突发性环境污染事故应急管理的优越性

突发性环境污染事故应急管理是指预测突发性环境污染事故的发生、发展；当突发性环境污染事故刚刚发生或出现某些征兆时，在极短的时间内收集、处理有关的信息，模拟其影

响范围与历时,实时监测各种指标的变化,快速应急决策进行处理和灾后恢复,最大限度地减轻突发性环境污染事故造成的不良影响的全过程。根据突发性环境污染事故的特性,突发性环境污染事故的应急管理应满足以下要求。

(1) 对潜在事故发生源的管理

对有毒、有害化学品生产企业,化学品库、油库、煤气管道等易引发突发性环境污染事故的场所,安装相应的监测和预警装置;对有毒、有害化学品运输,工业废水废渣处理,放射性源管理等,应建立严格的防范措施。与此同时,应建立各类有毒、有害、易燃、易爆物质的化学特性数据库,污染物质可能污染环境的模型库以及燃烧与爆炸模型库。此外,应加强突发性事故特性及实例的研究,总结以往各种事故的发生和处理情况,以便建立各种事故预防、监测、处理、灾后恢复的知识库。

(2) 实时监测和预警

由于突发性环境污染事故发生的突然性和危害的严重性,所以必须建立突发性环境污染事故的实时监测和预警系统,以便在某些指标刚刚接近警戒线时预报可能出现的危机,并实时监测各种指标的时空变化趋势,为突发性事故管理决策提供信息。

(3) 快速应急响应

根据预警系统提供的信息,由于情况紧急,环境管理者必须在极短的时间内处理有关信息,明确事故类型和应急目标,拟定各种可行的方案,并经分析评价后选择一个满意的方案,组织跟踪监测,直至突发性事故最终得以控制或消除为止。在突发性环境污染事故的应急响应过程中,应急决策处于核心地位,这是因为决策的正确与否是行动成败的关键。

(4) 灾后恢复

面对突发性环境污染事故,不仅要重视事故的预防、预警和应急响应,还要重视在污染事故发生并造成环境污染事故后的应急管理,要能充分发挥 GIS 技术与 ES 技术各自所长,很好满足事故应急管理的要求,提高突发性环境污染事故应急管理的科学性、合理性及智能化程度;而且两者的集成将有助于弥补彼此缺陷,从而大大扩展各自的应用范围。GIS/ES 技术应用于突发性环境污染事故应急管理的优越性具体体现为:

在 GIS 与 ES 的集成系统中,GIS 不仅可利用其强大的空间信息管理功能,建立各类有毒有害、易燃、易爆物质的理化特性数据库,有关自然、经济、社会、生态环境数据库和图形库及模型库,而且可在 ES 命令文件驱动下对空间数据进行有效地管理、分析和计算,并将空间数据以直观、形象的图形化方式输出或显示出来,从而使环境管理者迅速了解和掌握各类突发事故的多发地带、发生频率、潜在事故发生源的时空分布、事故发生后污染物的影响范围及时空变化,更好地实现事故的预防应急处置和灾后恢复。

由于突发性环境污染事故涉及的因素极其复杂,而且事故一旦发生,环境系统内外部因素处于难以控制的迅速变化之中,并且通常趋于恶化,所以突发性环境污染事故的应急管理问题是结构不良或非结构化的,很难用一定的模型进行定量分析。在 GIS 与 ES 的集成系统中,ES 可建立各类知识库并利用其完备的启发式推理机制进行辅助决策,不仅能使问题的考虑更加全面和细致,而且可在极短的时间内迅速反应,做出最佳应急决策和行动路线,从而避免管理者在危机关头束手无策,或仓促做出决定。

8.2.3 基于 GIS/ES 技术的突发性环境污染事故应急管理系统

1. 系统的体系结构

此处，以一个化学危险品实时监测与应急响应系统为例，图 8-5 为该系统的体系结构。它由事故预测子系统、实时监测子系统、灾时应急子系统、灾后恢复子系统、系统数据库、模型库、知识库、地理信息系统、专家系统及用户管理界面等部分组成。

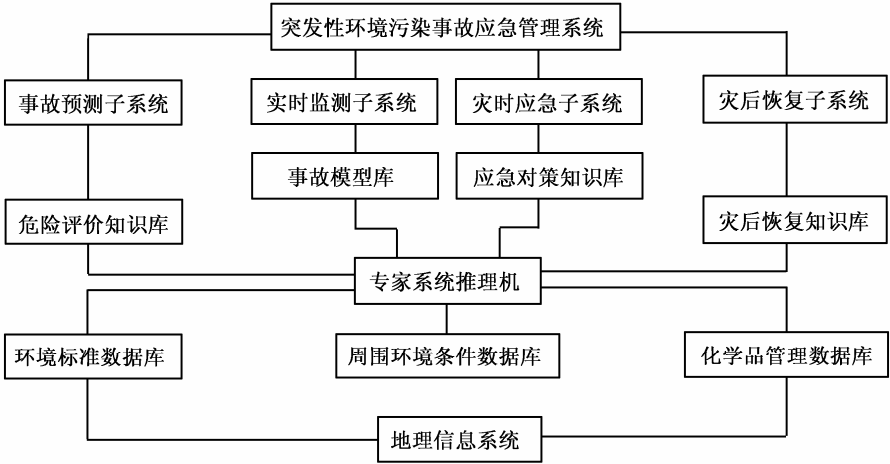


图 8-5 化学危险品实时监测与应急响应系统体系结构

2. 系统主要功能

(1) 自动实时报警

实时监测与预警子系统选用与开发多种传感器，以实现对化学危险品的浓度、环境温度、气体挥发、烟雾、光等进行实时自动监测；并集成多种传感器，进行多参数的数据采集。自动报警系统还可判定事故的发生，并显示事故发生的地点及时间。自动向有关部门发出突发事件警报，将事故发生的地点显示在地图上，以便环境管理者迅速采取防范措施，减少损失。

(2) 动态模拟显示

GIS 在 ES 命令文件的驱动下，可调用模型库中的模型以模拟典型污染物在街区的扩散，典型爆炸物爆炸后可能涉及的范围及历时，突发性事故向大气释放易燃物质引起的大火所产生的火球辐射影响范围等。通过模式计算给出居民应疏散区域及安全区域，为紧急情况下治安人员疏散人群提供定量依据。

(3) 事故应急处理

利用危险识别、风险评价、灾时应急对策等知识库中的专家知识及实时监测和预警系统的报告，专家系统可通过其推理机制分析评价有关化学危险品的风险大小，确定与事故实际区域有关的效应，对要采取的应急处理措施进行优化选择和评价，并产生命令文件驱动 GIS 进行相关的空间分析。系统还可根据历年发生的各类事故的资料，给出有关事故发生的概率，提出事故处理人员和设备安排，并可根据实际的交通情况，给出最佳行动路线。

(4) 事故灾后评价

系统能根据事故发生的情况及当地自然、经济、社会和资源信息，利用 ES 进行分析推理，评价事故对现在、未来的生态环境可能造成的污染损害程度、经济损失，并根据有关环境法规提出恰当的索赔与赔偿方案及灾后恢复方法

(5) 系统其他功能

系统还应能动态演示有关事故处理设备的性能、使用方法，能介绍国际国内典型事故案例和处理方法。

8.2.4 环境污染事故指挥系统

1. 污染事故的处理程序

污染事故处理主要有以下几个程序：在接收到污染事故报告后，立即对污染事故进行现场调查、取样、取证和评估。根据污染范围、程度、危害性等，决定成立县级、地市级、省级或国家级污染事故指挥部；根据污染事故的性质，决定指挥部的成员单位和专家组名单。

在指挥部的统一指挥下，开展事故原因调查，动态监测，污染预处理和污染事态模拟与预测，并向公众及时发布新闻。通过认真地分析和科学判断，提出一整套事故处理对策，组织应急队伍，调配应急设备和物资。如果危害严重，还必须组织对周围的人员进行疏散，保护水源地以及敏感地区。必要时，可以求助于外区外国的支援。在整个事故处理过程中，要对污染事态进行全程监控，定期分析及评价，准确向公众发布信息，直到污染事故警报解除。最后对污染事故进行善后处理，损失评估，给出污染事故的总结报告。

2. 系统主要功能模块

环境污染指挥系统包括 6 个主要功能模块：指挥数据库、政策法规和预案库、通信模块、模型库、背景图库和指挥系统网站。

(1) 指挥数据库

指挥数据库包括以下几个数据库：环境质量监测数据库（大气、水、海洋等）；动态监测数据库；监测方法库；环境监测重点实验室库；指挥部成员数据库；专家数据库；应急队伍数据库；应急设备数据库。

(2) 政策法规、标准和预案库

政策法规、标准和预案库包括 3 个方面内容：政策法规，环境标准和预案库。

政策法规包括：环境保护基本法，如《中华人民共和国环境保护法》；环境单项法，如《水法》、《水土保持法》等；处理环境纠纷程序，如《报告环境污染事故的暂行办法》；地方环境保护法规；我国参加的有关环境保护的国际条约，如《生物多样性公约》。

环境标准包括：大气和水等环境质量标准，污染物排放标准，环境保护基础标准，标准样品标准和环境保护方法标准等五个部分。

预案库是针对国内外常见的污染事故，通过不断地总结，形成的一套完整和科学的处理方法和手段。通过指挥系统本身，对处理过的污染事故进行自动整理，加入并更新到预案库中，为今后的处理提供借鉴。

(3) 通信模块

污染事故指挥系统通信方式由卫星、1000MB 宽带网、100MB 局域网、PSTN，GSM 等

通信手段组成,几乎涵盖了所有的通信方式。这里的关键技术是 GSM,通过 GSM 可以将现场 GPS 数据、数码相机的图像和监测数据及时动态地传送回指挥部,并接受指挥部的指示。通过 PSTN 网,可以将 PAL 或 NTSC 制式的摄像机的动态图像传回指挥部。

(4) 模型库

模型库是以 GIS 为平台,对污染事故可能的范围、程度进行模拟、预测和预报。

由于不同的污染物扩散、降解的系数不同,地形、地貌、水文、气象条件的不同,其污染的程度和范围也不尽相同。因此,模型库中的所有模拟,都是在理想化的条件下,按最差的、一般的、最好的 3 种可能情况进行模拟。所有结果用等浓度线的方法来表示。例如,河流按一维稳态河流水质模型来模拟,以重金属污染和有机毒物污染为主;大气采用高斯轨迹烟云模式,重点为有毒气体。

(5) 背景图库

利用 1:250 000 电子地图和遥感数据作为指挥系统的背景图。当接收到污染事故地点的 GPS 定位数据后,通过背景图就可以准确知道事故地点和地形地貌。

在背景图库中,除了 1:250 000 电子地图所规定的图层外,还增加了以下的专业图:环境质量监测点位图层;敏感地区点位图层(饮用水保护区、自然保护区、名胜古迹等);环境功能区划图层。

(6) 指挥系统网站

指挥系统网站是指挥系统的中枢,所有信息的汇入点。它有两个用户层:一个指挥部成员单位,一个面向公众的。通过论证后,指挥部成员可以直接查询、检索和访问指挥数据库、政策法规和预案库,查看从现场传送回来的静态和动态图像,污染事态模拟的结果,指挥部的通知以及基于地理信息系统的背景图。公众可看到污染事故现场图片,污染事故评价结果和指挥部的通报。

8.2.5 重大污染事故区域预警系统

大连市环境信息中心华秀青等人研制了“重大污染事故区域预警系统软件”。下面就介绍该软件。

1. 基本内容

(1) 危险污染物在空气、河流、湖泊(水库)中的事故预测模型,爆炸事故的污染预测模型和流动污染事故预测模型。

(2) 确立了最短路径救援方案。

(3) 组织、充实、完善和更新了各种相关数据,按类别建立起 8 个数据库。

(4) 建立了大连市中心区 1:10 000 的矢量图。

该软件把重大污染事故的多种预测模型与地理信息系统、计算机网络技术、多媒体技术相结合,具有信息检索查询、污染预测和系统维护 3 项使用功能,是一个全面、直观、快速、灵活的系统。当污染事故发生时,该系统能为应急指挥者提供所需的多种信息。这些信息主要包括以下 6 个方面:

危险品信息 危险品数据库收录了常见的 1979 种环境危险品资料。可进行名称标识、物理性质、化学性质、燃烧爆炸危险性、包装与储运、毒性及健康危害性、急救措施、防护

措施、泄漏处置等重要信息的查询和检索。

风险源信息：风险源数据库先收录了大连市中心区 78 家重点企业的风险源资料。风险源信息包括企业概况、企业风险等级、应急联络信息等。多媒体数据库能够提供企业风险源录像播放，使指挥者身在控制中心就能够了解到风险源的现场细节。

敏感单位和人群信息：敏感单位数据库收录了大连市中心区 1369 个单位和 200 个小区的资料。事故一旦发生，可迅速确定一定几何范围内受到事故影响的人口数量和单位名称、位置、联络方式等，以便估计危险性并迅速通知、疏散、转移、救护或采取其他措施。

应急救援信息：应急救援库记录了大连市各级环保、公安等应急救援指挥部门和医院、消防等应急救援单位的相关信息，如联络电话、负责人、消防车辆、病床数量等。这些信息为紧急情况下多方面联络和协调一致奠定了基础。

事故污染信息：事故模型库具有 5 个计算模型。即空气污染事故模型 1 个，河流模型 2 个，湖泊（水库）模型 1 个，爆炸模型 1 个。环境数据库和预测参数数据库为各个模型计算提供气象、水文资料和各种情况下的计算参数。

地理信息：地图信息库将大连市中心区 1:10 000 地图矢量化作为本系统的基础，使上述各种信息与地理位置融合，调用方便直观。

该系统能够在某一风险源发生事故时，计算给定气象或水文条件下污染物在不同时间内的扩散浓度、扩散范围、污染等级，确定一定范围内的影响人口和敏感单位，提供应急措施、报警信息和救援信息，为重大污染事故应急指挥奠定了基础。

2. 系统的结构和功能

系统由 6 层、12 个模块、8 个数据库构成。主要具有 3 个方面的功能。

(1) 信息检索与查询功能

这些信息包括危险品、风险源、敏感单位、救援指挥部门等。

(2) 预警模拟定位功能

按环境专业分类提供空气、河流、湖泊（水库）污染事故和爆炸事故 4 种类型的污染扩散模拟。它包括风险源、扩散浓度、扩散范围和敏感人群等的计算和定位。

(3) 系统维护功能

提供 18 个子模块，分别可对危险品信息、风险源信息、敏感单位信息、救援单位信息、地图信息、多媒体信息、模型参数和安全性进行动态管理。提供 7 种录入与修改途径，包括数据的增加，删除、修改、插入和图形的缩放、移动等。

3. 系统的特点

本系统除了具有一般管理系统必备的科学性、灵活性、及时性、准确性、安全性、可维护性等性能外，还充分具备了预警系统所需的各种特点，如信息全面详实、查询方便及时、预测快速准确、表达形象直观，面向用户性能好等。具体表现概括为以下三点。

(1) 信息丰富

信息内容详实、丰富。软件系统收录了 1979 种危险品信息，其中包括它们的学名、俗名、分子式、分子量、理化特征、生物属性、包装、储运、注意事项以及应急方法、救援措施等。各种信息可通过多种途径查询，也可以进行动态更新。风险源信息详实，包括危险品

储存的数量、方式、地点以及企业的基本信息。可采用多媒体方式存储和播出，形象直观，有利于应急指挥者分析现场情况。救援单位和指挥系统信息完整，能够保证事故发生后，指挥人员和救援人员马上得到通知，立即到位。为指挥人员准备了应急策略与措施，可以保证一旦事故发生，能够马上提出对策，以便将损失减至最小。表现形式也十分丰富，系统中既有表格、图形信息，还有音响、动画等多媒体信息。

（2）省时快速

环境风险预测涉及的模型与参数很多，形式也很复杂。即使在平时，进行模型和参数选择也是一个很费脑筋的事情。本软件系统能够根据用户的输入数据，迅速地确定计算模型和相应的参数，既快又准地计算出不同源强、不同状态、不同时段、在特定自然条件下的污染状况与受害范围；并根据污染等级标示影响区域，提供敏感单位和人群数量。系统能够将计算结果形象直观地定位于地图之上，作为事故应急指挥的根据，是抢险救援不可缺少的工具。

除了记录在案的固定风险源之外，系统还能够对偶然的危险源和移动风险源进行定位和预测。系统通过网络分析，为救援过程提供最短路径，使得应急信息全面具体，救援工作省时快速。

（3）软件编制质量高

系统通过 VC++ 将 Windows NT/Windows 98，MapInfo，Sybase 和 PB 巧妙连接在一起。各个子系统共用一套数据库，物理关系与逻辑关系有机结合，各个子系统之间实现了无缝连接。系统中不仅应用了地理信息系统，而且运用了多媒体方式，更丰富了开发内容。

思考题

1. 突发性环境污染事故应急系统应包括哪些功能？
2. 环境管理控制系统中 GIS 软件的选择原则是什么？

第 9 章 环境虚拟与模型的建立

9.1 沙尘环境

9.1.1 沙尘环境概述

干旱、半干旱地区（包括一部分半湿润地区）因生态平衡遭到破坏而使绿色原野逐步变成类似沙漠的景观。沙漠化的结果产生沙漠土地。

地球上受到沙漠化影响的土地面积有 $3.8 \times 10^6 \text{ km}^2$ 。我国沙漠化地区主要分布在内蒙古东部等半干旱草原地带以及新疆、甘肃和内蒙西部沙漠地带的外围，形成一条从西北、华北到东北的不连续弧形地带。其中，沙漠化现象较严重的地区是西北的乌鞘岭，贺兰山以东、中蒙国界线以南地区，华北的长城以北地区，东北的嫩江下游和白城以西地区。

沙漠化是环境退化的现象。历史上形成的沙漠有的在继续发展，加上现在的沙漠化，使遭受沙漠化破坏的土地面积越来越大。近年来，全世界每年约有 600 万公顷土地沙漠化。沙漠化问题涉及的范围很广，引起了全世界的关注。

沙漠化严重地破坏了土地资源，使可供农牧的土地面积逐渐减少，土地滋生能力退化，造成农牧业生产能力降低和生产量下降，严重地威胁着人类的生存。

工业生产中排放的废气含有许多固体微粒和液体微粒，它们在空气中扩散形成气溶胶。空气中各种微粒大小不一，与其组成物质有关。表 9-1 表示了大气中微粒的大小。

表 9-1 大气中微粒的大小

种 类	直径 (μm)	种 类	直径 (μm)
1. 烟雾		石灰粉、肥料	30~800
金属烟雾	0.1~100	浮选后渣	20~400
硫酸烟雾	0.1~10	粉煤	10~400
碱雾	0.1~2	浮选后硫矿渣	4~200
SO ₂ 雾	0.5~3	铸造震出尘	1~200
NH ₄ Cl 雾	0.1~2	水泥	10~150
氧化锌雾	0.03~0.3	飞灰	3~80
2. 烟		进入矽肺的硅尘	0.5~10
油烟	0.03~1.0	颜料	1.0~8
树脂烟	0.01~1.0	5. 生物微粒	
		花粉	20~60
香烟	0.01~0.15	孢子	10~30
碳烟	0.01~0.2	细菌	1.0~15
3. 平静空气中正常杂质	0.01~1.0	6. 天然微粒	
4. 尘		雨滴	500~5 000
铸造砂	200~2 000	天然轻雾	40~500
		天然雾	1.0~40

从工厂、矿山排至空中的尘埃，粒径均比较大，绝大部分在 10 μm 以上，有的达到几十到几百微米，与天然微粒直径相似。各种烟雾中的微粒直径很小，一般在 10 μm 以下，不少低于 1 μm，比细菌还小。经常留在大气中的多为 10 μm 以下的尘埃。据大气采样分析，在 10 000 个微粒中，有一半微粒直径小于 0.075 μm。表 9-2、表 9-3 分别表示了大气中微粒的形状和比重。

粉尘一般分为落尘和飘尘。落尘的粒径一般都较大，在 10 μm 左右；落尘的比重大，在重力作用下，容易沉降。飘尘的粒径小，比重轻，它们在空中可以飘浮几小时，甚至几年；可以飞很远，甚至可随气流环绕全球运动。飘尘在整个粉尘中占的重量百分比很小，可是因为其颗粒小、重量轻、个数多，在空中分布广，故影响很大。

表 9-2 大气中微粒的形状

形 状	例	形 状	例
球形	烟、矿物、飞灰	松绒团状	氧化镁
不规则	矿物	片状	云母
立方体	煤渣	短圆柱状	石棉
板状	矿物	针状	滑石
羽毛状	植物纤维	链条状	碳黑、烟
紧绒团状	碳粒、烟、雾		

表 9-3 大气中微粒的比重

比 重	风 蚀 尘	工 业 尘	燃 烧 产 物
0~1		锯灰	煤孢、烟灰
1~1.6	纤维、淀粉等生物物质	塑料、树脂等有机化合物、无机盐类，如 Na ₂ SO ₄ · 12H ₂ O、Na ₂ CO ₃ CaCO ₃ · 5H ₂ O、光卤石	烟
1.6~2.6	砂	玻璃丝、KCl、NaNO ₃ 、砂、硼砂、粘土、矾、钾盐、磷酸盐	运输工具排出的烟、飞灰
2.6~3.3	方解石、长石、云母、白云石 重晶石、霞石、朱砂、方镁石等	滑石、云母、冰晶石、萤石	
> 3.3		石棉、金属粉尘、刚玉、石灰、方锡矿、赤铁矿等	

据我国某城市测定，飘尘年平均含量为 1.053 mg/m³，最大 7.37 mg/m³。并且有明显的季节变化，春、冬最高，夏、秋较小。这可能与夏、秋降雨较多，冲刷净化有关。

粉尘本身是固体微粒，粘附有气体和液滴。它的组成相当复杂，有各种金属和非金属氧化物，各种盐类及有机化合物，并粘附有 SO₂，NO₂ 等气体。它们在微粒上氧化后，再与水滴结合形成 H₂ SO₄，HNO₃ 等。

大气中粉尘含量，一般工业区大于商业区，商业区大于居民区，见表 9-4。但由于地区、地形和气象条件以及城市布局的不同，并不完全如此，很可能商业区、居民区烟尘量较高。

表 9-4 城市中工业区、商业区和居民区的尘降量

地 区	测 点 数	尘降量 (吨 / 平方公里 · 月)
工业区	20	14.6~39.0
商业区	3	17.9~21.1
半工业区	1	9.03
居民区	4	6.5~9.2

9.1.2 沙尘环境效应

1 . 沙尘对人体的效应

沙尘直接影响到人们的身体健康，影响人的工作能力。在沙尘浓度较高的环境中工作，还会产生某些职业病。

在各种飘尘中，以粒径在 0.5 ~ 5μm 范围的飘尘对人体危害最大。因为大于 5μm 的飘尘，由于惯性力作用，被鼻毛和呼吸道粘液挡住而排除；小于 0.5μm 的飘尘，由于气体扩散作用被粘附在上呼吸道表面随痰而排出。只有 0.5 ~ 5 μm 之间的飘尘，可直接深入肺部，在肺泡内沉积；并可能进入血液输往全身，在身体各个部位累积，引起症状。飘尘中的苯化物，有的是致癌物质。

据原苏联某城市调查，由于大气中粉尘增多，心血管病死亡率增加 1.9 倍，呼吸道病增加 2.9 倍，支气管病增加 21 倍，肺癌增加 90%。

英国曾根据历次烟雾事件分析，发现由于烟雾而引起死亡的人数与 SO₂ 和烟尘含量有密切关系。

$$D = 0.6Sp \text{ (人)}$$

(9-1)

式中 D——死亡人数 (人) ;

S——SO₂ 含量 (ppm) ;

p——烟尘含量 (μg/m³)。

从表 9-5 也可以看出，1962 年与 1952 年比较，气象条件相似，SO₂ 含量 1962 年比 1952 年高，但由于烟尘含量少，因此，死亡的人数远比 1952 年少，仅及其 1 / 6。

表 9-5 英国伦敦烟雾中烟尘和 SO₂ 含量与死亡人数的比较

年 份	烟尘含量 (mg/m ³)	SO ₂ 含量 (mg/m ³)	死 亡 人 数
1952	4.46	3.8	4 000
1956	3.25	1.6	1 000
1957	2.40	1.8	400
1962	2.80	4.1	750

2 . 沙尘对产品的效应

沙尘对产品的影响也很严重。根据调查，畜产品的采集和初加工机械，受工况环境影响极为严重。我国牧区的羊只，由于受风沙的吹打，羊毛内大量夹杂沙尘，严重影响剪羊毛刀

片的使用寿命。选矿的准备作业中大量使用各种破碎、粉磨设备，其易损件的消耗量是十分惊人的。据前些年统计，全国冶金系统每年仅球磨机衬板消耗就达 21.6 万吨钢材，耗资约 5 亿元之多。

尘埃对于电子工业的影响更为严重。据日本半导体集成电路生产情况表明，如采用“ 10×10^4 级”的净化间，合格率不到 60%；如果采用“ 1×10^4 级”净化间，合格率为 65%；如果采用“1000 级”净化间，合格率为 74%；如果采用“100 级”净化间，合格率接近 100%。由此可见，尘埃对集成电路生产的影响程度。

由于产品暴露于吹沙和吹尘中而产生的某些效应如下：

- 表面磨损；
- 渗透到密封处；
- 电路恶化；
- 通道口和过滤器阻塞；
- 配合部件受到物理干扰；
- 活动部件阻塞；

在高温下粘土颗粒（含有氧化铝）产生放热反应（热效应），放出的热能引起高温腐蚀，并产生非常硬的、具有腐蚀性的颗粒。

9.2 风环境

9.2.1 风环境概述

空气质点的水平运动形成风。在自由大气的大尺度运动中，气压场和流场都是不断变化的。但在变化的每一瞬间，空气质点所受的气压梯度力和地转偏向力之间，却又存在着近似的相互平衡关系。气压梯度力和地转偏向平衡时的大气的流动场称为地转风。

在摩擦层中，因地面摩擦作用，风速随高度而增大，风向随高度不断向右旋转。在自由大气中，风随高度的变化与温度的水平分布有密切的关系，并且大致服从热成风规律。所谓热成风，是指上下两层风的向量差，即代表风随高度的变化。热成风规律是指北半球热成风方向与平均温度梯度方向相垂直，背风而立，高温在右，低温在左，热成风的大小与平均温度梯度成正比。

在对流层中，中纬度地区平均为北冷南暖，因之热成风方向平均是自西向东。根据上述情况，不论地面是何种风向，当叠加上这种热成风之后，随高度的增加，风向（可以随高度顺时针旋转，也可以反时针旋转）最后必然趋于与热成风方向一致。也就是说，在中纬度高空将盛行西风。至于风速，随高度的增加（由大变小或相反），西风风速将迅速增大，到对流层顶附近，将出现西风最大值（即西风急流）。由对流层顶再向上至平流层，由于北边变暖，南边变冷，热成风方向将变成自东向西，因此，对流层顶附近的强西风随高度的增加风速将减小，到某一高度变为零值，并继而转成东风，与平流层中热成风趋于一致（一般规定西风为正值，东风为负值）。同样的原理，在低纬度地区，平均为北边暖南边冷（即赤道附近比副热带地区温度低些），热成风方向平均是自东向西，因此，低纬度上空将盛行东风，而且东风风速随高度的增加而加强。这种情况与中纬度地区对流层顶以上的东风结合在一起。随高度

的增加,在低纬度较高的高空,将出现东风最大值(即东风急流)。

台风是在热带洋面上形成的气旋性涡旋,四周风速很大。强台风来临时,往往要带来狂风暴雨天气,引起海面巨浪,容易造成生命财产的巨大损失,严重地威胁着船只、舰艇和飞机的安全。台风也有其有利的一面,往往一次台风过后会带来充沛的雨水,能解除旱象。台风最大风力可达 12 级。

龙卷风是一种积雨云底下垂的漏斗云接触到地面时所带来的剧烈天气变化的总称。它是一种快速旋转的涡旋,风力很大,时常达到 100 m/s 以上。这样的风力,自然破坏性很强。它的水平范围很小,直径从几米到几百米,平均为 250m,然而强风区可达 1~2 km。海上龙卷风的范围小于陆地。虽然范围小,但中心气压很低,通常比四周大气压低几千帕(几十毫巴),因而水平气压梯度很大。龙卷风移动的时速约为几十千米,路径多呈直线,路径长度只有几千米,极个别的有 300km,所经过的地方一般都要受到不同程度的破坏。由于风的旋转力很强,常把地表面的水、尘土、泥沙卷挟而上,从四周包围呈管状。龙卷风是目前发现的破坏力最大的一种灾难性的天气。

9.2.2 风环境效应

微弱的风一般对人们的生产活动是有利的,而大风则多具有一定的危害性。地面的大风所造成的危害实例很多。高层大风,特别是伴有强烈湍流时,会造成飞行事故。

风环境模拟技术主要研究风对产品的效应,不包括台风和龙卷风。风对产品的效应主要表现在以下几方面:

由于风力的作用,使其结构失效,机械强度下降,影响产品的功能。

由于材料的沉积,加速机械磨损和堵塞。

加强了温度效应,使其散热量增加。

9.3 霉菌环境

9.3.1 霉菌环境概述

霉菌是某些真菌的通俗名称。霉菌菌丛多呈絮或毛状,并能形成菌丝体。某些霉菌在一定的条件下,还能生成对人或动物有毒的代谢产物,这些代谢产物称为霉菌毒素或真菌毒素。霉菌广泛地存在于自然界,土壤、农作物、食品、牧草、饲料和水都可能被霉菌及其毒素污染。霉菌及其毒素污染的食品,对人体健康危害很大。

霉菌毒素的产生要有一定的温度和湿度。大多数霉菌繁殖的最适宜温度为 25~30℃。低于 0℃或高于 30℃以及环境相对湿度不超过 20%时,都不易产生毒素。

9.3.2 霉菌环境效应

1. 对材料的直接破坏作用

不抗霉菌的材料容易被霉菌分解,并作为它的食物而直接被破坏,导致材料物理性能的明显恶化。常用的不抗霉材料有:

(1) 天然材料(天然有机材料制品最容易受其破坏)

植物纤维材料(如木材、纸张、天然纤维纺织品和绳索)

以动植物原料合成的胶粘剂

油脂、润滑油和多碳氢化合物

皮革

(2) 合成材料

聚氯乙烯的组分(如用脂肪酸酯增塑的材料)

某些聚氨酯类(如聚酯和某些聚醚)

含有低压材料作有机填料的塑料

含有易长霉组分的油漆涂料

2. 对材料的间接破坏作用

当出现下列情况时,防霉的材料由于会受间接侵蚀而遭到破坏。

生长在灰尘、油脂、汗迹和其他污染物质表面积垢的霉菌,甚至会损坏那种能耐直接侵蚀的底层材料(这种表面积垢是在制造时附着或在使用时积累在设备上的)。

由霉菌分泌的新陈代谢排泄物(即有机酸),引起金属腐蚀、玻璃蚀刻、塑料和其他材料发暗或剥蚀。

3. 物理影响

(1) 电气或电子装置

直接或间接破坏作用均能导致电气或电子装置受到损害。霉菌生长能破坏绝缘材料的绝缘性,或对经过精密调节的电子线路的电气性能产生有害影响。

(2) 光学装置

对光学装置的损害主要由间接破坏作用引起。长霉会对光线穿过光学装置产生不利影响,妨碍精密活动部件,并把不湿的表面变为湿的表面,从而导致性能降低。

4. 生理和美学因素

设备上长霉能引起生理上的问题(如反感),或美学上使人感到不愉快,导致使用者不愿意使用该设备。

9.4 空间环境

空间环境指的是航天器在轨道上运行时所遇到的自然和人为的环境。空间环境模拟技术随着航天技术的发展而发展,现已形成一门新的学科——空间环境工程学。它是环境模拟技术的重要组成部分,也是航天工程学的重要分支。

9.4.1 空间环境模拟技术的内容

空间环境模拟技术研究的主要内容包括:

空间环境效应。

空间环境模拟的原理、方法及模拟误差分析。如物理模拟、环境效应模拟、缩比模拟和数值模拟等。

空间环境模拟设备研制。

空间环境的利用，如利用空间微重力环境进行材料加工与药物生产以及空间太阳能的利用等。

空间环境试验技术。

空间环境模拟的控制、检测与预测。

航天员训练的空间环境模拟条件与试验方法。

9.4.2 主要空间环境

高层大气环境：根据大气的密度、温度和热力学特性，地球大气由地面向上可大致分为对流层（0~15 km）、平流层（15~50 km）、中层（50~85 km）、热层（85~500 km）、外逸层（300~500 km 以上）。一般称 30 km 以上的层为高层大气。远离地面时，大气压力随之减小。

电离层环境：在 60~100 km 高度范围内，由于太阳的电磁辐射、宇宙线和磁层沉降粒子等原因，高层大气部分原子和分子被电离。

磁层环境：地球的基本磁场，它是略有变形的偶极子磁场。

辐射带环境：指在地球周围被磁场捕获的高能带电粒子层。内层主要由质子组成，称内辐射带；外层主要由电子组成，称外辐射带。

银河宇宙线：由太阳系以外能量极高的质子和各种离子组成。

太阳宇宙线：主要成分是高能质子。

微流星：宇宙空间高速运动的天然微小颗粒。

空间碎片：主要由已经停止工作的航天器、航天器爆炸的残骸、火箭排放物组成。

太阳电磁辐射：能量主要集中在可见光和红外部分，强度变化小，比较稳定；而紫外线、X 射线和 γ 射线所占比例较小，但变化大（可达数十至数百倍）。

微重力环境：其重力加速度值约为 $10^{-3}g \sim 10^{-6}g$ ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$)。

⑪ 冷黑环境：无限大的空间环境等于一个对任何辐射都能吸收的绝对黑体。空间是温度为 3 K、吸收系数为 1 的冷黑环境。在地面上用 100 K 的液氮温度和内表面发射率大于 0.90、由铝或紫铜（或不锈钢）组成的管板结构模拟空间冷黑环境，工程上称为热孤。通常把空间冷黑环境也称为“热沉”环境。

9.5 水质模型

水质模型是一个用于描述物质在水环境中的混合、迁移过程的数学方程，即描述水体中污染物与时间、空间的定量关系。它通常涉及到解基本方程的技术，而其结果的可靠性不会超过所使用的方程的可靠性。在一个较综合的河流水质模型中，有许多影响河流水质的因素，如物理的、化学的、水力学的、生物学以及气象学的因素等。

目前已有许多类型的河流水质模型用于水质预报和管理。较合适的模型和所要求的数据很大程度上取决于其研究水质的目的。长期水质规划不要求详细而只要求适当的资料，例如，

估计一个单一的工业废水流出和排放位置。从河流规划和所有其他水质规划看,目前还没有哪一个单一的水质模型能适合于各种河流的水质规划。必须在规划过程的早期做出较重要决策,这是模拟方法或适合于规划和发展的方法选择。其中还包括模型的校正、验证以及在有限的人力、物力和有限时间内的实施。

今天使用的大部分河流水质预测模型主要应用于点源排放的纳污河流。随着科学研究和污水处理技术的应用和发展,点源的废水水量相对地减少了,而非点源或来自农业、城市的迁流显得越来越重要。水质模型有助于预测进入表面水的非点源污染规律。因此,水质数学模型在河流水质规划、管理以及水质研究中是一个非常重要的工具。

9.5.1 水质模型分类

科学家已研究了各种类型的水体并提出了许多类型的水质模型,用于河流、河口、水库以及湖泊的水质预报和管理。根据其用途、性质以及系统工程的观点,大致有以下几类。

(1) 以管理和规划为目的,水质模型可分为三类,即河流的、河口的(包括潮汐的和非潮汐的)和湖泊(水库)的水质模型。一般地,河流的水质模型比较成熟,研究得亦比较深,而且能较真实地描述水质行为,所以用得较普遍。

(2) 根据水质组分,水质模型可以分为单一组分的、耦合的和多重组分的三类。其中BOD-DO耦合水质模型能够比较成功地描述受有机污染的河流的水质变化情况。多重组分水质模型比较复杂,它考虑的水质因素比较多,如综合的水生生态模型。

(3) 从系统工程的观点,可以把水质模型分为稳态的和非稳态的两类。这两类水质模型的不同之处在于水力学和排放条件是否随时间变化。不随时间变化为稳态;反之为非稳态水质模型。

对于这两类模型,科学研究工作者主要研究河流水质模型的边界条件,即在什么条件下水质处于较好的状态。稳态水质模型可用于模拟水质的物理、化学和水力学的过程;而非稳态模型可用于计算径流、暴雨等过程,即描述水质的瞬时变化。

(4) 根据所描述的数学方程的解,水质模型有准理论的和随机的水质模型。以宏观的角度来看,准理论模型可用于研究湖泊、河流以及河口的水质。这些模型考虑了系统内部的物理、化学以及生物过程和流过边界的物质通量和能量。为了模拟水质,进一步提高我们研究水质模型的能力是非常必要的。但如果不了解有关发生在水环境中的各种过程的知识以及不掌握大部分先进的模拟技术,就会限制我们做更深入地研究。用随机模型来描述河流中物质的行为是非常困难的,因为河流水体中各种变量必须根据可能的分布,而不是根据它们的平均的或期望的值来确定。

(5) 由反应动力学性质,水质模型分为纯化学反应模型,迁移和反应动力学模型,生态模型。其中生态模型是一个非常综合的模型,它不仅包括化学、生物的过程,而且亦包括水质迁移以及各种水质因素的变化过程。

9.5.2 水质数学模型建立的一般步骤

在确定了需要解决的问题后,如何建立与确定有关问题的相互关系,如何用数学方程来定量地描述问题间的关系,这是建立水质数学模型的核心问题。一般地,可用图9-1中所示的步骤来建立相应的水质模型。

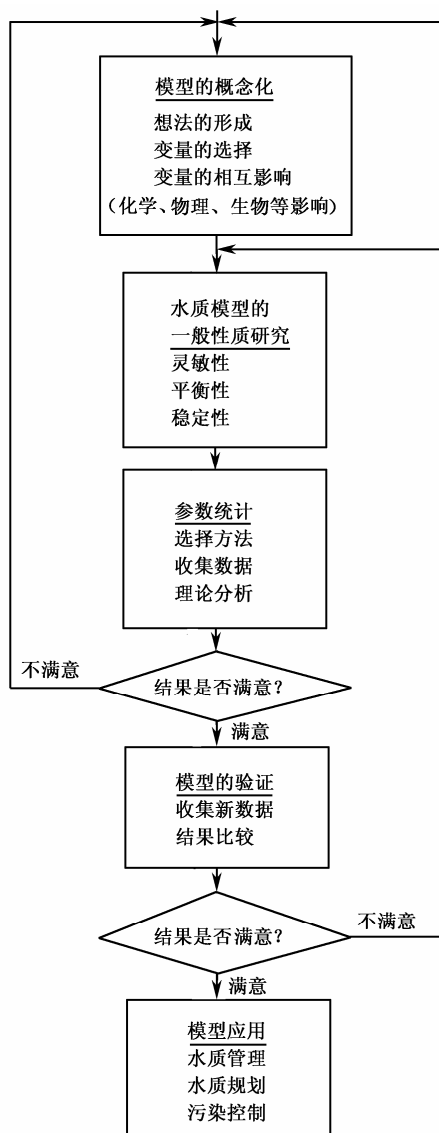


图 9-1 建立水质模型的一般过程

第一步：概念化。这一步包括有关变量的选择，这些变量如何变化以及相互作用，模型结构概念的形成。一个模型只需能表现其特性的有关变量，模型只是真实事件的一个近似表达而并不是事件本身。为了解数学方程，一定要使所建立的模型尽可能地简单。

第二步：模型的一般性质研究。它包括模型的平衡性、稳定性和灵敏性研究。灵敏性是指模型中参数的变化对模型所产生的影响。如果其研究结果不令人满意，则回到第一步重新选择变量。

第三步：参数估计。一个数学模型通常含有称为参数的数学常数。这些参数必须用有关数据来确定。如果参数估值不理想，则必须重新考虑模型的结构。如果所选择的两个模型具有同等程度的可靠性，则宁可选择参数较少的那一个模型。所以参数估计是水质模型建立的重要一环。

第四步：模型的验证。如果只用一套数据来确定模型，则该模型还不具有预测的功能。为了建立一个具有预测能力的模型，通常用另一套观测数据来检验所建立的模型。如果检验结果具有良好的一致性，则认为模型具有预测的功能。否则需要重新进行模型结构和参数估计，直到结果满意。

第五步：模型的应用。要求模型能解决最先提出的问题。研究水质模型的目的是控制水质，防止污染，改善人类赖以生存的环境质量。如果建立的模型能成功地用于水质管理和其他目的，可以说建立水质模型的方法是令人满意的。反之，必须再一次认真考虑各步骤是否准确，以便解决这个问题。

不要过高地估计模型的价值。要记住，在何种条件下推导出来的模型应当用于何种场合。一个模型绝不可能比观测的数据更好，模型不能取代测量值。正如在本章开头所表明的，研究水质数学模型的目的在于进行水质规划并提出预测方法，以便保护环境并发展一个区域的经济。

9.5.3 水质模拟技术

模拟水质变化的数学模型，一般包括系统分析和系统中数学方程合成两部分。系统分析可以是理论的、观测的或试验的。水质模拟技术包括的内容见图 9-2。

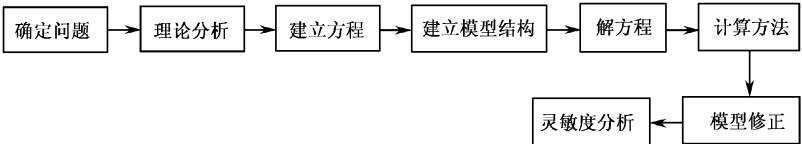


图 9-2 模拟技术的内容

- (1) 目标的设置使所建立的数学模型应当尽可能地简化而不失其要求的精度。当所使用的模型用于新的目的时，应当及时调整与模型结构相一致的目标函数。
- (2) 理论背景调查包括影响水质过程的因素、描述的方法和模型参数的适当范围的分析。
- (3) 模型的形成包括应当建立什么类型的模型（如稳态模型）以及必需考虑的过程，以避免模型的复杂化。图 9-3 是模型在本步骤的概念图。

河口溶解氧体系			
河口体系	光合作用产率	底部吸收	复氧体系
物理与水力学特征 水温 负荷 流径 废水	太阳辐射 藻类 微生物	水温 有机物浓度 水流速度	物理与水力学特征 水温 硝化作用 反硝化作用 沉降

图 9-3 河口溶解氧模型概念图

- (4) 模型结构是建立模型过程中比较困难的一个阶段，特别是对建立一个较复杂的模型。在建立总体模型时应当首先考虑符合实际情况的子模型，这将有助于总体模型的精度和灵敏度，也能使模型更符合实际。图 9-4 是水质模型结构图。
- (5) 数学方程是表示某些数学或统计方法中各种关系的陈述。在一般过程中，如弥散过

程，主要的问题可能是从若干方程式中选择最好的数学表达式。在这种情况下，原始数据是非常必要的。一旦数学方程建立，便可描述子模型中的信息。

(6) 在特殊情况下，数学模型的解可以用分析解来得到，但大部分使用数值方法来解偏微分方程得到。

(7) 计算机程序的设计对于数学模型的建立是非常必要的。最简单的计算机语言是BASIC，它对于许多模型都是比较实际和有用的工具。

(8) 模型修正在水质模型的的实际应用中是非常重要的，因为没有任何模型能在未做修改前正确地描述一个系统。模型修正的第一步是校正模型，也就是调整模型中的各个参数值以便使模型计算的值与观测值一致。用独立的数据来进行模型的修正和校正必要的。

(9) 灵敏度分析是测定在改变模型中参数值时模型输出的灵敏性。

模拟技术分类可用图 9-5 来表示。

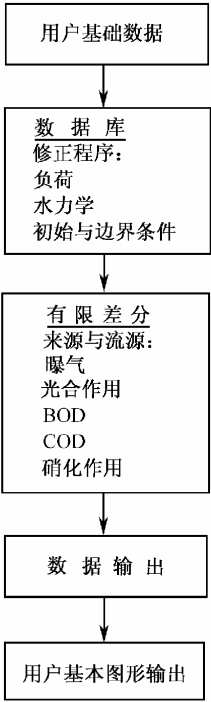


图 9-4 水质模型结构图

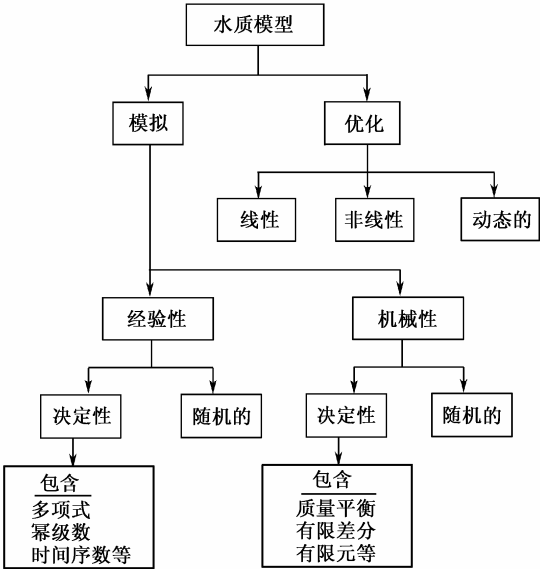


图 9-5 模拟技术分类

思考题

- 1. 环境模拟技术主要研究内容是什么？
- 2. 水质环境模型建立的分析方法和基本原理。
- 3. 数学模型的建模步骤有哪些？

英文缩略词英汉对照表

	英文	中文
AI	Artificial Intelligence	人工智能
API	Application Programming Interface	应用编程接口
ASP	Active Server Page	动态服务器网页
BLOB	Binary Large OBject	大型二元数据对象
B/S	Browser/Server	浏览器/服务器
CAD	Computer Aided Design	计算机辅助设计
CCGIS	CyberCity GIS	数码城市 GIS
C/S	Client/Server	客户/服务器
DBA	DataBase Administrator	数据管理员
DBMS	DataBase Management System	数据库管理系统
DCS	Disturbed Control System	集散控制系统
DCE	Disturbed Computing Environment	分步计算环境
DCE	Digital Communication Equipment	数据通信设备
DDE	Dynamic Data Exchange	动态数据交换
DEM	Digital Elevation Model	数字高程模型
DES	Data Encryption Standard	数据加密标准
DGIS	Desktop Geographic Information System	桌面地理信息系统
DGM	Digital Geomorphic Model	数字地理模型
DLG	Digital Layout Geography	数字规划地理图
DOM	Digital Orthophotoquad Map	数字正射影像
DOT	Department Of Transport	运输系统
DSS	Decision Support System	决策支持系统
DTE	Data Terminal Equipment	数据终端设备
DTM	Digital Terrain Model	数字地形模型
EOS	Earth Observation System	对地观测系统
EMIS	Environmental Monitoring Information System	环境监测信息系统
ERP	Enterprise Resource Plan	企业资源计划
ES	Expert System	专家系统
GDO	Geographic Database Object	地理数据对象
GIS	Geographic Information System	地理信息系统
GOIN	Global Observation Information Network	全球观测信息网络
GPS	Global Position System	全球定位系统
GSM	Global System for Mobile Communication	全球数字移动电话系统
HTML	HyperText Markup Language	超文本链接标示语言

IDSS	Intelligence Decision Support System	智能决策支持系统
I/O	Input/Output	输入/输出
MCA	Media Control Access	媒体控制接口
MGIS	Military Geographic Information System	军事地理信息系统
MIS	Management Information System	管理信息系统
NFS	Network Files System	网络文件系统
NII	National Information Installment	国家信息基础设施
NLS	Native Language System	母语系统
NSDI	National Spatial Digital Installment	国家空间信息基础设施
OA	Office Automation	办公自动化
ODBC	Open Database Bin Connectivity	开放式数据库互接
ODC	Open Database Connectivity	开放式数据库连接性
OGIS	Open Geographic Information System	开放地理信息系统
OLAP	Operational Link Analysis Process	联机分析处理
OLE	Object Link & Entrance	对象链接和嵌入
OLTP	Operational Link Task Process	联机事务处理
OOA	Opposite Object Analysis	面向对象分析
OOD	Opposite Object Design	面向对象设计
OOP	Opposite Object Program	面向对象程序设计语言
OS	Operation System	操作系统
PRN	Pseudo-Random Noise code	防伪码
QC	Quality Control	质量控制
QS	Quality Standard	质量标准
RDBMS	Relation Database Management System	关系数据库与管理系统
RS	Remote Sense	卫星遥感
SDB	Spatial DataBase	空间数据库
SDE	Spatial Database Engine	空间数据库引擎
SDSS	Spatial Decision Support System	空间决策支持系统
SIS	Spatial Information System	空间信息系统
SML	System Message Language	系统信息语言
SQL	Structured Query Language	结构化查询语言
TIN	Triangulated Irregular Network	不规则三角网
TM	Transverse Mercator	投影
UGIS	Urban Geographic Information System	城市地理信息系统
WebGIS	Web Geographic Information System	网络地理信息系统
WAP	Work Analysis Program	工作分析程序
WWW	World Wide Web	万维网

参 考 文 献

- 1 陈述彭, 鲁学军, 周成虎编. 地理信息系统导论. 北京: 科学出版社, 2000
- 2 王之卓. 摄影测量原理续编. 北京: 测绘出版社, 1986
- 3 边馥苓. GIS 地理信息系统原理和方法. 北京: 测绘出版社, 1996
- 4 李德仁, 龚健雅, 边馥苓. 地理信息系统导论. 北京: 测绘出版社, 1993
- 5 陈俊, 宫鹏. 实用地理信息系统——成功地理信息系统的建设与管理. 北京: 科学出版社, 1998
- 6 张超, 陈丙咸, 邹伦. 地理信息系统. 北京: 高等教育出版社, 1995
- 7 黄杏元, 汤勤. 地理信息系统概论. 北京: 高等教育出版社, 1990
- 8 蓝运超, 利先秘, 袁征. 地理信息系统原理. 广州: 广东省地图出版社, 1991
- 9 龚健雅. 地理信息系统基础. 北京: 科学出版社, 2001
- 10 承继成. 数字地球导论. 北京: 科学出版社, 2000
- 11 Michael.N.DeMers, 武法东等译. 地理信息系统基本原理. 第二版. 北京: 电子工业出版社, 2001
- 12 王人潮, 胡月明, 史舟. 浙江红壤资源信息系统的研制与应用. 北京: 中国农业出版社, 1999
- 13 陈俊, 宫鹏. 实用地理信息系统. 北京: 科学出版社, 2001
- 14 刘鲁. 信息系统设计原理与应用. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995
- 15 薛华成. 管理信息系统. 第三版. 北京: 清化大学出版社, 2000
- 16 吴邦灿. 环境监测管理. 北京: 中国环境科学出版社, 1990
- 17 王桥, 徐富春主编. 环境信息技术与应用. 北京: 化学工业出版社, 2001
- 18 江苏省环境保护局. 江苏省污染物总量监测规范. 江苏省环境保护局, 1997
- 19 中国环境科学学会. 实施主要污染物总量控制的理论与实践〔M〕. 北京: 中国环境科学出版社, 1996
- 20 中国环境科学学会环境质量评价专业委员会. 环境评价方法指南〔R〕, 1982
- 21 郝喜顺, 甄瑞芳, 马明峰等. 总量控制排污许可证管理与实施〔M〕. 北京: 中国环境科学出版社, 1991
- 22 李德仁等. 地理信息导论. 北京: 测绘出版社, 1993
- 23 夏青. 流域水污染物总量控制. 北京: 中国环境科学出版社, 1996
- 24 区福邦. 城市地下管线普查技术研究与应用. 南京: 东南大学出版社, 1998
- 25 吴信才等. MAPGIS 地理信息系统参考手册. 武汉中地信息工程公司, 1998
- 26 吴信才等. MAPGIS 地理信息系统开发手册. 武汉华地图形数据公司, 1998
- 27 田应中等. 地下管线探测与信息管理. 北京: 测绘出版社, 1997
- 28 周凤林等. 城市地下管线探测技术手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998
- 29 潘大林等. 城镇管网规划设计. 广州: 广东教育出版社, 1998
- 30 常用危险化学品手册. 北京: 中国医药科技出版社, 1992
- 31 城市地理信息系统标准化指南. 北京: 科学出版社, 1998
- 32 王桥, 徐富春. 环境信息技术及应用. 北京: 化学工业出版社, 2001
- 33 程声通等. 环境灾害的理论体系初探. 资源、发展与环境保护——第三届海峡两岸环境保护学术研讨会论文集. 北京: 环境科学出版社, 1995

- 34 万本太. 突发性环境污染事故应急监测与处理处置技术. 北京: 中国环境科学出版社, 1996
- 35 胡德福. 化学突发事件风险评估的研究与应用. 北京: 科学出版社, 1995
- 36 吴信东. 专家系统设计. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1990
- 37 卢贤昭译. 公害防治技术和法规编委会(日)编. 公害防治技术噪声篇. 北京: 化学工业出版社, 1988
- 38 谢涌明. 环境水质模型概论. 北京: 中国科学技术出版社, 1996
- 39 王浚, 黄本诚, 万才大等. 环境模拟技术. 北京: 国防工业出版社, 1996
- 40 王松霖. 走向 21 世纪的生态经济管理. 北京: 中国环境科学出版社, 1997
- 41 马智民, 俞全宏, 江作勤. 应用地理信息系统设计与实现. 西安: 西安地图出版社, 1996
- 42 武汉华地图形数据公司. MAPGIS 地理信息系统参考手册, 2001
- 43 方裕. 新一代 GIS 软件技术研究. 教育部 21 世纪高校 GIS 发展战略研讨会, 2001
- 44 李斌. 我国 GIS 软件工业面临的机遇和挑战. 地理信息科学, 1993, 2(1): 23~27
- 45 张光宇, Y.C.Lee. 地理信息系统的回顾与展望. 测绘通报, 1990, 4(5): 46~49
- 46 赵其国. 九十年代的土壤科学. 土壤通报, 1992, 23(1): 4~6
- 47 周勇, 宋能文, 郭宏俊, 马才学. 土壤资源持续利用与信息技术. 教育部 21 世纪高校 GIS 发展战略研讨会, 2001
- 48 张壬午. 论生态示范区建设与生态农业产业化. 农村生态环境, 2000, 16(2): 31~34
- 49 巩玉国, 刘金龙, 欧示瑛等. 地理信息系统的研制开发. 计算机工程, 1999, 25(11): 82~84
- 50 乔彦友, 范东璞, 刘继红等. 公路地理信息系统 TransGIS 的研制. 测绘通报, 1996, (2): 23~29
- 51 王道席, 雷鸣, 王军良. 小浪底库区及下河道地理信息系统的开发. 人民黄河, 2000, 22(8): 44~45
- 52 胡月明, 徐剑波等. 中山市国家级生态示范区地理信息系统的建立. 教育部 21 世纪高校 GIS 发展战略研讨会, 2001
- 53 周顺平, 李雪平. 基于 GIS 平台的山区城镇选址信息系统. 教育部 21 世纪高校 GIS 发展战略研讨会, 2001
- 54 邹艳红. 浅谈城市小区 GIS 应用系统的建立. 教育部 21 世纪高校 GIS 发展战略研讨会, 2001
- 55 刘志辉, 陈建明, 刘铁军等. 塔里木河流域生态环境监测信息系统研究. 教育部 21 世纪高校 GIS 发展战略研讨会, 2001
- 56 刘志辉. 流域供水管理决策支持系统总体设计. 干旱区地理, 2000, 23(3): 259~263
- 57 薛重生, 桂润堂, 董玉森. 湖北省土壤侵蚀遥感与水土流失动态监测网络系统建设架构. 教育部 21 世纪高校 GIS 发展战略研讨会, 2001
- 58 况昶等. 环境监测全过程管理信息系统的研究与开发. 环境科学学报, 1999, 19(4): 427~432
- 59 王大军, 赵品. 沈阳市污染物排放总量监测系统的研究. 甘肃环境研究与监测, 1999, 12(2): 86~88
- 60 罗伟其等. 关于管理信息系统的综合集成研究问题. 控制理论与应用, 2000, 17(1): 27~30
- 61 陈明亮, 林宣雄, 陆新元等. 中国环境监理信息系统总体设计研究. 环境保护, 2000, 3: 11~13
- 62 王泽华, 李怀祖, 陆新元等. 国家环境监理信息系统的研制. 环境科学学报, 2001, 21(3): 378~381
- 63 徐贞元, 孙启宏等. 中国省级环境决策支持系统的系统分析. 环境科学研究, 1997, 10(5): 18~25
- 64 邓春朗, 赵俊琳等. 基于 GIS 的海南岛海岸带资源与环境管理信息系统. 热带地理, 1997, 17(4): 359~363
- 65 乔琦, 王昕, 孔益民等. 全国乡镇工业污染源调查数据的计算机处理. 环境科学研究, 1997, 10(5): 54~57

- 66 徐新学. 水污染控制规划与 GIS. 环境污染与防治, 1998, 21(4): 38 ~ 40
- 67 赵冬至, 赵玲, 张丰收. GIS 在海湾陆源污染物总量控制中的应用. 遥感技术与应用, 2000, 15(1): 63 ~ 67
- 68 裴相斌, 赵冬至. 基于 GIS-SD 的大连湾水污染时空模拟与调控策略研究. 遥感学报, 2000, 5(2): 118 ~ 124
- 69 曾文, 乔伟. 运用 MAPGIS 开发城市供水管网信息系统. 中国 GIS 协会年会论文集, 1996
- 70 张维津, 曾文. 运用新版 MAPGIS 开发供水管线信息系统. 教育部 21 世纪高校 GIS 发展战略研讨会论文集, 2001
- 71 喻言, 曾文. 基于 MAPGIS 的燃气管网信息管理系统. 教育部 21 世纪高校 GIS 发展战略研讨会论文集, 2001
- 72 曾文, 管线管理信息化与地理信息系统. 教育部 21 世纪高校 GIS 发展战略研讨会论文集, 2001
- 73 朱发庆, 吕斌, 贺彬等. 线源扩散的快速模拟. 中国环境科学, 1996, 16(5): 354 ~ 358
- 74 朱发庆, 赵碧云, 贺彬. G-H 模式的缺陷及其改进. 中国环境科学, 1997, 17(5): 393 ~ 396
- 75 朱发庆, 贺彬, 赵碧云. 面源长期平均浓度的新算法. 中国环境科学, 1997, 17(4): 340 ~ 344
- 76 苗付友. 大气监测网络通信系统设计与实现. 环境监测管理与技术, 1999, 11(5): 42 ~ 44
- 77 谢美云, 游宗保. 大气例行监测外场质量控制的研究. 环境与开发, 1999, 14(3): 10 ~ 12
- 78 袁国林. 大气污染扩散可视化——地理信息系统的应用. 云南环境科学, 2000, 19(1): 19 ~ 23
- 79 蒋大和, 叶伯明, 雷忠良. 城市大气污染控制的计算机动态管理系统. 同济大学学报, 1995, 23(4): 468 ~ 472
- 80 赵碧云, 贺彬, 朱发庆等. 大气污染扩散空间信息系统. 环境科学研究, 1999, 12(6): 10 ~ 12
- 81 环境影响评价技术导则. 大气环境, HJ / T2.2—1993
- 82 环境影响评价技术导则. 地面水环境, HJ/T2.3—1993
- 83 许健等. GIS/ES 技术在突发性环境污染事故应急管理中的应用探讨. 环境科学学报, 1999, 19(5): 567 ~ 571
- 84 袁 辉. 重大突发事件及其应急决策研究. 安全, 1996, 17(2): 1 ~ 4
- 85 王 玛. 突发性环境污染事故及其防治对策. 环境保护, 1997, 6: 8 ~ 9
- 86 刘砚华等. 突发性环境污染事故应急监测. 中国环境监测, 1995, 11(5): 59 ~ 62
- 87 黄玉凯. 城市环境风险应急系统的规划设计. 环境求索, 1992, 9(1): 26 ~ 8
- 88 殷 佩, 任福支. 海上溢油反应专家系统. 交通环保, 1996, 17(2): 14 ~ 17
- 89 黄 波, 王英杰. GIS 与 ES 的结合及其应用初探. 环境遥感, 1996, 11(3): 234 ~ 239
- 90 张 梨. GIS 系统集成的理论与实践. 地理学报, 1996, 51(4): 306 ~ 313
- 91 赵士鹏等. 泥石流危险度评价的 GIS 与专家系统集成方法. 环境遥感, 1996, 51(4): 212 ~ 218
- 92 吴硕贤, E. Kittinger. 考虑声散射的街道交通噪声预报模型. 环境科学学报, 1996, 16(3): 364 ~ 371
- 93 刘勇, 井文涌. 地理信息系统技术及其在环境科学中的应用. 环境科学, 1997, 18(2): 62 ~ 65
- 94 李本纲, 陶澍. 地理信息系统在环境模型研究中的应用. 环境科学, 1998, 19(3): 87 ~ 90
- 95 李丕明等. 道路、噪音和污染. 山东交通科技, 1999, 12(3): 57 ~ 60
- 96 李本纲, 陶澎, 林键枝. 城市居住小区的公路交通噪音预测与规划. 城市环境与城市生态, 1999, 12(2): 57 ~ 60
- 97 吴玺等. 基于 GIS、ES 的凉山州土壤数据库设计与实现. 西南农业学报, 2002, 15(2): 95 ~ 99

- 98 吴华章等. 合肥市防震减灾地理信息数据库设计. 安徽大学学报, 2000, 24(1): 21 ~ 25
- 99 Department of Transport of UK. calculation of Road Traffic Noise. HMSO, 1998
- 100 Burrough, P. . Principles of Geographical Information Systems for Land Recourse Assessment . Clarendon Press , 1986
- 101 Michael F. Worboys... GIS: Computing Perspective. Taylor & Francis , 1995
- 102 Robert Laurini & Derek Thompson. Fundamentals of spatial Information Systems. Academic Press , 1992
- 103 GIS Standards and Standardization : A Handbook United Economic and Social Commission for Asia and Pacific. New York , 1998
- 104 Lance Mckee. Builing the GSDI. The OpenGIS Consortium , 1996
- 105 Open Geodata Interoperability Specification. OpenGIS Simple Feature Specification for SQL , 1998
- 106 OpenGIS Abstract Specification. The OpenGIS Consortium , 1998
- 107 Dueterhaus. R . Sustainability's promise . J of Soil and Water Conservation , 1990 , 45(1) : 26 ~ 29
- 108 Zhiji Wang , Xueping Li , Shunping Zhou . Environmental Assessment by the MAPGIS for the new Urban Site . GIS AM/FM ASIA ' 97 & GeoInformatics ' 97 . Mapping the Future of Asia Pacific , 1997
- 109 Daniel F Merriam . COMPUTER METHODS IN THE GEOSCIENCES . Love Printing Service Ld . Ontario , Canada , 1994
- 110 Al.Gore . The Digital Earth . Understanding our planet in the 21st century , 1998
- 111 Robinson V B , Frank A U . Expert system applied to problems in GIS introduct ion . review & prospects . Computers , Environment , and Urburn System , 1987 , 11(9) : 61 ~ 173
- 112 方裕, 张晋. 我国 GIS 软件产业发展初探. [http : // china . gischina . com / maindoc / simchin / gisforam / thesis](http://china.gischina.com/maindoc/simchin/gisforam/thesis)
- 113 李玉祥, 王红. 城市地下管线地理信息系统. [http : // www.consinfonet.cn / dxgx](http://www.consinfonet.cn/dxgx)
- 114 [http : // www.oracle.com](http://www.oracle.com)
- 115 [http : // www.esri.com](http://www.esri.com)