



地理信息系统理论与应用丛书

环境地质学中的GIS

● 施 斌 王宝军 周国云 编著



 科学出版社
www.sciencep.com

地理信息系统理论与应用丛书

环境地质学中的 GIS

施 斌 王宝军 周国云 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是一本介绍地理信息系统(GIS)应用于环境地质学的教科书。在介绍了GIS基本知识和原理的基础上,重点介绍了GIS在环境地质学中的应用及其最新研究成果。

全书分上下两篇共12章。上篇是GIS基础篇,主要介绍了GIS基本知识、空间数据与结构、空间数据处理、常用GIS软件平台、GIS的应用与开发和GIS系统设计与实施;下篇为GIS应用篇,主要介绍了GIS在区域地质调查、工程地质勘察、滑坡灾害防治、地面沉降、环境岩土工程、岩土体微观结构分析等方面的应用和实例等。

本书理论联系实际,内容深入浅出,重在GIS应用,通过介绍环境地质学中GIS的应用实例,阐述了建立GIS的基本思路、系统设计、研发途径、集成技术、关键问题和步骤等,从而使读者比较容易及全面地掌握GIS在环境地质学中的应用技能。

本书可作为高等院校地球科学大中专学生、研究生的GIS教材,也可供从事地质、岩土工程、环境科学、信息资源开发等方面的教师 and 科技工作者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

环境地质学中的GIS/施斌,王宝军,周国云编著. —北京:科学出版社, 2006

(地理信息系统理论与应用丛书)

ISBN 7-03-017352-X

I. 环… II. ①施…②王…③周… III. 地理信息系统-应用-环境地质学 IV. X141-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第056812号

责任编辑:罗吉 王日臣/责任校对:邹慧卿

责任印制:钱玉芬/封面设计:王浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2006年8月第一次印刷 印张:12 3/4 插页:4

印数:1—2 000 字数:289 000

定价:39.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

序

最近,南京大学施斌教授等编著了一本《环境地质学中的 GIS》新教材,让我为该书写一篇序,我有些犹豫,因为我所从事的专业毕竟与该书的内容存在一定差距,担心写不好。然而,当我浏览完全书手稿后,我不再犹豫了。这本书增长了我在 GIS 方面的知识,深感 GIS 作为地质科学信息化的重要手段,对于现代地质科学,尤其对于环境地质学的研究确实非常重要。于是我欣然提笔,写了一些肤浅的认识,聊作该书的序言吧。

随着人口的增长和经济的发展,世界各国,尤其像中国这样一个发展中大国,面临着资源和环境问题的巨大压力。如何在地球资源开发、人类经济工程活动与地质环境保护、地质灾害防治之间找到一个平衡点,实现社会经济的可持续发展,是 21 世纪地球科学的一项基本任务。最近在国务院颁布的“关于加强地质工作的决定”中突出了资源开发与环境保护协调发展的科学观。诞生于 20 世纪 60 年代的环境地质学,就是一门以人-地系统为对象,研究人类活动与地质环境之间相互作用和影响的学科,它有三大任务:一是控制和减少由自然和人为作用引起的影响人类和生物生存的一切地质作用,防止和减轻各种地质灾害;二是监控和防治影响人类健康、生态发展的自然和人为污染的地球化学异常带,以防止和减轻环境污染;三是合理开采与利用自然资源,保证地质环境是供给人类生存的物质、能源的永恒资源,防止破坏性的开采和由此带来的资源浪费和环境的恶化。从环境地质学上述内涵来看,它所涉及的研究对象十分广泛,影响因素十分复杂,既有自然的,又有人为的;既有内部的,又有外部的;既有短暂的,又有长期的;既有物理的,又有生物和化学的。此外,环境地质学所研究的地质环境各要素在空间上的分布组合和时间上的演变快慢,也极其复杂。显然对于这样一个复杂的研究对象,仅仅依靠传统的手段,沿着传统的地质调查、取样测试和人工统计分析的研究路线,是无法满足飞速发展的环境地质学要求的,因为环境地质学的研究需要大量多种多样的有效时空信息,而这些有效信息的获取、管理和分析必须借助于先进的信息技术,不然无法实现。

施斌教授等编著的这本《环境地质学中的 GIS》,十分及时和必要。地理信息系统(GIS)、遥感(RS)和全球定位系统(GPS)即“3S”集成技术正渗透到人类社会的多个层面和日常生活中,正在迅速改变着人类社会的行为方式和整体面貌,因而对于具有海量空间信息的环境地质学来说,应用 GIS 是理所当然的事。然而长期以来,普遍存在一个误区,认为 GIS 属于地理科学的范畴,似乎地质科学无须掌握这门信息技术,因此许多高等院校中的地质学科至今尚未开设 GIS 课程,更谈不上撰写相应的、有针对性的教材了。施斌教授 1997 年在美国麻省理工学院做访问学者期间开始接触到 GIS,敏锐地感到这一技术对地质科学的重要性,回校后旋即南京大学地球科学系(前身为地质系)推动了这门课的建设,并在第二年即 1998 年面向地球科学系全系师生开设了这门课程,受到师生们的热烈欢迎,并取得了良好的效果。这本书的出版填补了环境地质学无 GIS 教材的空白,必将推动 GIS 在这一领域中的广泛应用,为培养一批掌握 GIS 的地质人才起到重要

的作用。

《环境地质学中的 GIS》一书既是作者七年来开设这门课程的结晶,也是作者近年来开展相关科研项目的部分成果。该书内容丰富,理论联系实际,针对性强,注意时效和应用,易于理解和掌握,是地质学和环境地质学中难得的 GIS 论著和教材,相信这本书的出版对于从事上述领域的师生及科技人员必将带来很大的裨益。

中国科学院院士 王德滋

2006 年 6 月 6 日

前 言

环境地质学作为现代地质科学中的一个分支学科,近 20 年来发展十分迅速,尤其像中国这样的发展中国家,在资源开发、城市化、工业化和大规模的工程活动与环境保护、灾害防治和社会、经济可持续发展间的矛盾越来越突出的情况下,环境地质学的研究日益重要了。环境地质学是以人类活动与地质环境间相互联系和作用为研究对象的,因此环境地质的研究必须立足于人-地系统,在不同的时间尺度和广阔的空间范围内,研究人类活动、自然营力与地质环境间的相互作用过程,对地质灾害和环境问题作出时间-空间-强度的预测,并提出有针对性的防治措施。

人-地系统是一个十分复杂的动态巨系统,作为这一系统中的重要组成部分——环境地质问题亦就具有涉及面广、发生区域大、形成机理复杂、随机因数多、预测比较困难和危害性严重等特点。因此要提高环境地质问题的预测和防治水平,采用单一的研究方法和手段显然是无法解决越来越多的环境地质问题,必须采用多学科和多领域中的先进理论、方法和手段联合攻关。

要解决好环境地质问题,一项重要的工作必须要掌握相关问题的各种有效信息,而这些信息常常是海量的和动态的,很难用传统的、人工的方法进行采集、统计和分析。有了大量的相关信息,如何用好这些信息,从中挖掘出更多有效信息,并在此基础上进行建模、评价和预测,又是一项对环境地质工作者要求更高的工作,而这项工作若不借助先进的信息技术,则是无法想象的。

地理信息系统(GIS)作为一门新兴的信息技术,已成为了专门用于采集、存储、管理和分析空间数据的强有力工具,并正迅速渗透到人们生活中的各个领域,甚至已影响到人们的日常生活方式。环境地质学中所涉及的信息有 90%以上为空间信息,因此 GIS 应用于环境地质学的研究实属必然,并可发挥十分重要的作用。GIS 与遥感(RS)和全球定位系统(GPS)集成的“3S”技术,已广泛应用到了环境地质信息管理、地质灾害的监测、预报和防治等方面,并取得了巨大的成功。GIS 和 RS 的结合,可快速评价地理、地质环境要素的区域规律和动态变化,实时提供有关图件,监测和预报地面沉降、活动断裂形变速率和滑坡等地面变形。近年来,GIS 越来越多地被用来作为各种应用软件的信息管理和开发平台,逐渐形成了以 GIS 为核心的集成化的技术体系,使 GIS 在更高的层次上发挥出了更大的作用。因此,作为环境地质工作者,了解和掌握 GIS,针对不同的研究对象,用好 GIS,建成 GIS 以及以 GIS 为核心技术开发好相关的应用软件系统,是十分必要的。

为了在环境地质学中普及 GIS 知识,提高 GIS 的应用水平,十分需要在高等院校的环境地质学科中开设 GIS 课程。但目前因缺乏相关教材,在许多高等院校的地质学科中没有开设 GIS 课程,即使有些院校在地质学科中开设了 GIS 课程,所使用的教材常缺乏针对性,因此十分有必要出版一本适合地质学和环境地质学的 GIS 教材。

南京大学是国内在地质学科中开设本科 GIS 课程最早的几所大学之一,本书即是在作者近七年来的讲稿的基础上,结合作者在 GIS 方面的研究成果编著而成的。本书力图

使环境地质学科中的本科生、研究生了解并掌握 GIS 的基本原理和知识;重点教会学生和读者在环境地质研究中,如何应用好 GIS。本书理论联系实际,内容深入浅出,重在 GIS 应用,通过介绍环境地质学中一些主要问题的 GIS 应用,阐述了建立 GIS 的基本思路、系统设计、研发途径、集成技术、关键技术和步骤等,从而使读者比较容易和全面地掌握 GIS 在环境地质学中的应用技能。

全书分上下两篇。上篇为 GIS 基础篇,共六章,包括 GIS 基本知识、空间数据与结构、空间数据处理、常用 GIS 软件平台、GIS 的应用与开发和 GIS 系统设计与实施等内容;下篇为应用篇,共六章,主要介绍了环境地质学中一些重大课题的 GIS 应用和实例,主要包括区域地质调查、工程地质勘察、滑坡灾害防治、地面沉降、环境岩土工程、环境岩土体微观结构分析等六个方面。

本书由施斌、王宝军和周国云编著,各章撰写的分工如下:前言、第 1 章、第 6 章、第 11 章,施斌;第 2~5 章与第 7 章,王宝军;第 8 章、第 12 章,施斌、王宝军;第 9~10 章,周国云。全书由施斌组织统校,王宝军核校。在本书的录入、制图和校对过程中,邵莉、周汇光、蔡奕、孙伟晔、刘杰、吴传斌、祁长青等同学做了大量工作,在此表示衷心的感谢!

在本书的编写过程中引用和参照了许多相关参考书的内容或已有的成果,虽已在书中一一标明,但仍恐有遗漏之处,恳请谅解!对向本书提供相关资料和图片的单位及个人表示由衷的感激!在本书的编写过程中,还得到了校、系有关领导与许多同行的大力支持和鼓励,编著者深表谢意。由于编著者水平所限,书中难免有错漏之处,欢迎读者批评指正。

编著者

2006 年 2 月 20 日

目 录

序 前言

上篇 GIS 基础篇

第 1 章 GIS 基本知识	3
1.1 GIS 的定义	3
1.2 GIS 的作用	5
1.3 GIS 的发展历史	6
1.4 国内的发展和应用前景	8
1.5 GIS 的组成	9
1.6 GIS 的基本功能	15
第 2 章 空间数据与结构	19
2.1 地图投影与坐标系	19
2.2 空间特征表达	27
2.3 空间数据结构	29
第 3 章 空间数据处理	36
3.1 空间数据采集	36
3.2 空间数据结构转换	46
3.3 图幅接边	49
3.4 跨带投影	50
3.5 空间插值	51
3.6 空间数据组织与管理	57
第 4 章 常用 GIS 软件平台	62
4.1 概述	62
4.2 ArcGIS 系列软件	63
4.3 MapInfo 系列软件	69
4.4 其他软件简介	72
4.5 现有 GIS 软件的功能及特点比较	75
4.6 GIS 软件的选型	75
第 5 章 GIS 的应用与开发	81
5.1 GIS 的应用模式	81
5.2 GIS 的开发模式	84
5.3 GIS 应用中存在的问题	88
第 6 章 GIS 系统设计与实施	91

6.1 GIS 设计理念	91
6.2 立项战略	92
6.3 GIS 系统的实施	92
6.4 GIS 系统成功建设的要素	98

下 篇 GIS 应用篇

第 7 章 区域地质调查与 GIS	103
7.1 国内外野外区调工作系统研究	103
7.2 应用 GIS 技术进行区调工作的必要性	105
7.3 基于 GIS 区调填图的工作流程与内容	107
第 8 章 工程地质勘察与 GIS	114
8.1 基于 GIS 的砂土液化判别	114
8.2 GIS 环境下膨胀土胀缩等级评判	123
8.3 基于 GIS 的大型桥梁工勘信息管理与辅助决策	128
第 9 章 滑坡灾害防治与 GIS	138
9.1 滑坡评价中的 GIS 方法	138
9.2 GIS 应用实例——日本长崎县佐世保市滑坡发生风险预测	149
9.3 展望及课题	150
第 10 章 地面沉降与 GIS	152
10.1 地面沉降研究现状	152
10.2 地面沉降研究及防治中的 GIS 应用	154
10.3 应用实例——日本佐贺平原地面沉降研究	158
第 11 章 环境岩土工程与 GIS	162
11.1 环境岩土工程的内涵及课题	162
11.2 基于 GIS 的垃圾卫生填埋场的选址	163
11.3 基于 GIS 的地质环境评价	169
第 12 章 其他专题与 GIS	178
12.1 黏性土微观结构分形研究与 GIS	178
12.2 土体微观结构图像的三维分析与 GIS	184
主要参考文献	191
图版	

上 篇 GIS 基础篇

第 1 章 GIS 基本知识

在环境地质研究工作中,我们常常需要接收、处理和传输各种与空间位置有关的信息,例如钻孔、矿区、滑坡区、地下水分布等。起初人们只依靠大胆的想象和逻辑思维对这些空间信息进行分析、处理和决策。随着人们活动范围的不断扩大,对地质环境认识的不断深化,空间信息成倍增加,仅靠大脑思维常常难于胜任决策而出现误判,于是人们开始寻求一些辅助的方法来帮助人们对信息中的空间关系进行判断。比如大家熟知的地图,在公元前 3000 年前人类就开始使用它来辨别事物的空间关系了。然而随着信息社会的到来,信息的交流和传递突飞猛进,“知识爆炸”、“信息爆炸”等新名词经常用来描述当今社会和研究工作中信息量的迅猛提高。John Naisbitt 在他 1984 年出版的《大趋势》中,估计目前的科技信息量正以每五年增加一倍的速度高速增长。在信息社会中,信息即代表财富,代表先进生产力,能掌握信息的人,等于掌握了财富和先进生产力,因此如何掌握、处理和应用信息(包括空间信息),便成为信息社会中最重要课题。显然,对于占信息量 90% 左右的空间信息的管理,仅依靠传统意义上的地图是远远不够的,也无法满足空间信息管理的需要。

近几十年来,随着计算机技术的突飞猛进和数据库技术的不断改进,应用计算机技术来对浩如烟海的空间信息进行管理和利用已变成了现实,而环境地质学作为一门 20 世纪下半叶才发展起来的新兴科学,对信息量和空间信息的管理与分析的要求越来越高,可以说没有先进的计算机信息管理与分析技术,就不可能实现环境地质学的根本目标,这是编写本书的原因所在。

1.1 GIS 的定义

GIS 是英文 geographical information system 的缩写,中文名称为地理信息系统。对于 GIS 目前还没有绝对一致的定义,从目前的文献中可以看出,由于 GIS 技术人员的专业背景不同,GIS 的定义也有很大不同。被称为 GIS 之父的加拿大人 Reger Tomlinson 认为,GIS 并不是一个独立的研究领域,它是从信息处理到空间分析技术的各个不同领域之间的共同基础。这一定义尽管比较笼统,但得到许多 GIS 研究者的认同,如 D. J. Maguire 便认为,GIS 技术=电子地图+遥感探测+数据库管理+计算机辅助设计。

强调 GIS 处理过程和功能的学者对于 GIS 的定义则有所不同。如英国环境部(1987)给出的定义为:一个可以收集、储存、检验、处理、分析和显示与地球相关的空间数据的系统;Burrough(1986)认为 GIS 是一组从现实世界中,为满足使用者需求所进行的空间信息的采集、存储、更新、转换以及显示的有力工具。

GIS 的上述定义表明了 GIS 是一个由许多子系统组成的信息系统,通过 GIS 对空间数据的一系列操作和处理过程,使空间数据变成各种有用的信息。

对于研究数据库的学者,他们定义的 GIS 则强调 GIS 用来存放空间数据的数据库结

构和能力,例如:Dueker(1979)的定义为:一种特殊的信息系统,其数据库可以存放空间分布的物体、行为或者事件,而这些资料在空间中都是可以用点、线、面加以定义的,GIS可用一般的查询与分析功能来处理这些点、线、面等数据。Smith等(1987)的定义为:一种数据库系统,其中大部分数据具有空间索引,并通过一系列的运算过程回答数据库中空间物体的查询。

上述定义虽然说出了 GIS 的核心——数据库,但不能反映 GIS 全部功能和过程,因此上述定义并不能广泛使用。

从上面的定义来看,由于研究者的背景不同,对 GIS 的定义有所不同,但万变不离其宗,它们之间应是相辅相成的。近几年来,由于 GIS 不断地广泛应用到社会科学和自然科学的各个领域,对 GIS 的定义也发生了一些新的变化,越来越多的人更愿意将 GIS 作为一种融计算机图形和数据库于一体,储存和处理空间信息的高新技术和一门空间信息科学。简言之,GIS 是一种可以用来捕捉、存储、分析、显示及恢复空间信息的计算机软件。这种定义系统地描述了地理信息系统软件的功能,为 GIS 软件的评价和建立提供了基本的技术指标。

综上所述,不论侧重于哪一方面的 GIS 定义,都可以用陈述彭先生(2000)给出的 GIS 定义来概括,即 GIS 是由计算机系统、地理数据和用户组成的,通过对地理数据的集成、存储、检索、操作和分析,生成并输出各种地理信息,从而为土地利用、资源管理、环境监测、交通运输、经济建设、城市规划以及政府各部门行政管理提供新的知识,为工程设计和规划、管理决策提供服务。要充分掌握 GIS 的含义,仅仅死记硬背一些 GIS 定义是不够的,还应有以下进一步的认识:

① GIS 是一个传统科学与现代技术相结合、多学科高度融合的产物。

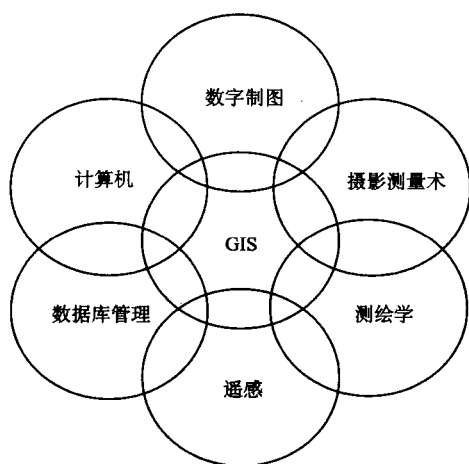


图 1-1 与 GIS 相关的技术领域

② GIS 不仅仅是地理学中一个研究空间信息的手段,而且也是处理与空间信息有关的通用系统,已成为广泛应用于自然科学和社会科学各个领域中的技术和方法,是现代科学技术研究中不可缺少的工具,图 1-1 显示了与 GIS 发展密切相关的技术领域。

③ GIS 源于信息系统,但它与一般的信息系统有明显的区别。图 1-2 显示了信息的分类,从中可以清楚地看到 GIS 在信息系统中的位置。空间信息系统可分为非地理信息系统和地理信息系统两部分。非地理信息系统尽管也常处理一部分地理空间信息,但很少与描述对象的实际空间位置有较强的联系,不需要进行地理编码。如 CAD 和 CAM

等就可归入非地理空间信息系统。

那么地理信息系统与一般的管理信息系统有哪些区别呢? 陈述彭等(2000)总结出以下几点:

1) 地理信息系统在分析处理问题中使用了空间数据与属性数据,并通过数据库管理

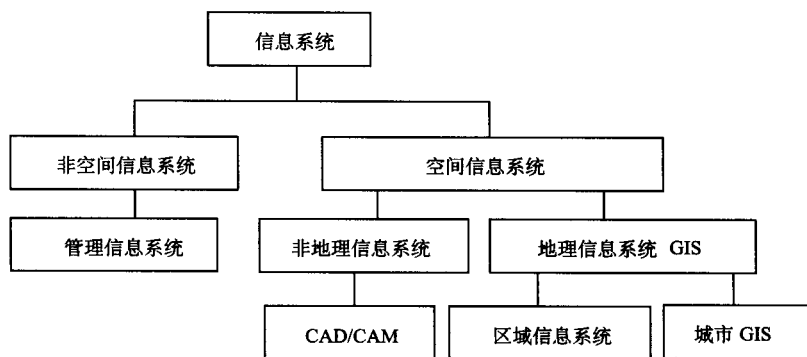


图 1-2 信息系统的分类

(据陈述彭等,2000)

系统将两者联系在一起共同管理、分析和应用,从而提供了认识地理现象的一种新的思维方法;而管理信息系统则只有属性数据的管理,即使存储了图形,也往往以文件等机械形式存储,不能进行有空间数据的操作,如空间查询、检索、相邻分析等,更无法进行复杂的空间分析。

2) 地理信息系统强调空间分析,通过利用空间解析模型来分析空间数据,地理信息系统的成功应用依赖于空间分析模型的研究与设计。

3) 地理信息系统的成功应用不仅取决于技术体系,而且依靠一定的组织体系,包括实施组成、系统管理员、技术操作员、系统开发设计者等。

4) 虽然信息技术对地理信息系统的发展起着重要的作用,但是,实践证明,人的因素在地理信息系统的发展过程中越来越具有重要的影响作用,地理信息系统许多应用问题已经超出技术领域的范畴。

1.2 GIS 的作用

GIS 作为一门新兴的信息技术,为什么会得到国内外的广泛重视和应用呢? 换言之, GIS 能带来哪些效益和作用呢? 这里仅列举几个方面来简单说明。

(1) 图件制作、更新和管理

20 世纪六七十年代出生的人都会记得,我国 80 年代早期前的各种图件,绝大多数为手工绘制,后来随着计算机绘图技术的不断应用,手工制图逐渐被电脑制图替代。但仍是一件相当麻烦的工作,尤其要对图件进行不断修改时,更是不易,而使用 GIS 中的图件数字化功能,可轻松、快速而且精确制图,同时也十分易于修改、更新。此外,运用 GIS 工具,可以将航测或卫星遥测影像图作为底图,从而对地图进行精确编绘。

除了制图和更新外, GIS 具有强大的图件管理功能。传统的图件管理是将各种各样的图纸分门别类的存放在资料柜或档案柜中,随着图纸和资料的不断增加,往往要面对查询困难的问题,再加上日子久了,图纸发黄,易损坏,导致信息损失。而 GIS 的图件管理,则是它的最基本功能之一,它可以便捷地对电子图件进行查询和维护。

由于 GIS 运用数据库技术进行管理,因此各种地图、CAD 图件、扫描影像图、统计资

料、多媒体资料等,均可纳入 GIS 进行管理,因此可大大提高资料的完整性和安全性,降低资料的重复性。

(2) 提高管理效率

随着社会的不断进步和工业化步伐的不断加快,信息总量急剧膨胀,管理要素日益复杂,因而各行各业对管理效率和质量的要求越来越高。面对有限的空间资源,如何使它产生最大的效益,是管理和科研工作者面临的共同课题,而 GIS 在空间信息处理和管理效益方面扮演着十分重要的角色。例如要开发某座矿山,则首先要了解当地的矿脉、地形、地质构造、地下水等分布情况,需要有确切的空间图形显示和空间定位数据查询,而以往这些数据的管理与查询等基本借助于档案资料的人工检索,费时费工,数据更新慢,更不用说分析这些要素间的联系了。而 GIS 高效率查询和空间数据管理能力,可大大提高矿山的管理水平和决策水平。此外,GIS 具有整合空间信息和信息显示的强大功能,使得管理质量得到进一步提高。

(3) 决策支持

GIS 实际上是一种决策支持系统,而这一点常被人们所忽视,许多人把 GIS 仅看作为空间信息的管理系统,而忽视了 GIS 的决策分析功能,从而使建立的 GIS 不能充分发挥其应有的作用。通过利用不同的 GIS 功能,可以得到各种分析数据从而辅助决策,同时分析结果以图文并茂的形式呈现出来,可进一步提高决策水平。

运用 GIS 或者将 GIS 作为数据库管理和分析平台,研究人员可开发各种专业应用软件,从而使得 GIS 的应用更加广泛。

1.3 GIS 的发展历史

GIS 的产生和发展,可以追溯至 20 世纪 60 年代,它的崛起与当时制图技术的改良、计算机技术的迅猛发展和空间分析技术的革新密切相关。在美国麻省理工学院首次提出计算机图形术语,并证明了交互计算机图形学的可行性后,计算机图形学得到了迅猛发展,并在此基础上,出现了计算机数字地图。计算机制图克服了传统制图的许多缺点,可将相同的资料做不同的展示,或将地图进行叠加操作。计算机制图非常易于针对不同的需求产生不同结果,速度快且成本低,过去难以克服的技术问题,大多可以通过计算机的计算能力来实现。计算机辅助制图和空间数据分析技术在数据自动采集、分析和显示技术等领域也得到极大发展,使得数据分析与计算机图形交互显示技术不断完善和提高,从而为地理信息系统的产生提供了技术基础。结合收集到的已有资料(施保旭,2000),地理信息系统的发展大致可分为以下几个阶段:

(1) 萌芽期(20 世纪 60 年代)

这一阶段 GIS 主要的研究重点,在于如何用数值方法解决在计算机制图时因计算机速度慢、容量小而带来的各种技术问题。这一阶段的特点是大部分的研发工作都是由政府部门来进行,学校做得较少,商用软件完全没有。由大学研制的软件系统,都采用栅格式的资料结构,如哈佛大学的 SYMAP 和弗里兰大学的 MANS 等。

20 世纪 60 年代,加拿大意识到其天然资源不是无限的,各项土地使用方式必须有效地加以管理与规划。于是,全加拿大展开了土地利用状况的调查。加拿大是一个幅员相

当广阔的国家,要做全国性的调查,并制作成地图,需要耗费相当大的人力物力。据当时的估计,判读和分析工作,至少需要 3 年时间,而且,需要再加上 500 个专业技术人才!当时,科技最大的发明是晶体管,它取代了真空管,使电脑的容量更大、速度更快。当时任职于渥太华一家航测公司的 Roger F. Tomlinson 向政府提出了利用计算机来加速土地利用分析的构想,获得了政府官员的支持。于是, Tomlinson 转至政府部门,开始领导全世界第一套 GIS——加拿大地理信息系统(Canadian geographic information system, CGIS)的研发。60 年代末, CGIS 已经解决了大部分的基本技术问题,可以纳入日常业务运转。

(2) 发展期(20 世纪 70 年代)

GIS 的真正发展是在 20 世纪 70 年代,这主要归结于计算机软硬件技术的不断发展。计算机技术迅猛发展促使第三代电脑的问世,尤其是微处理器的发明。1974 年,微处理器即被安装在第四代电脑上,七年后,个人电脑(PC)应运而生。电脑数据处理速度加快,内存容量增大,硬件价格下降,使得电脑在政府部门、学校和科研机构逐渐普及,这就推动了地理信息系统的不断成长。

在此阶段,相继成立的 Intergraph、ESRI(Environmental Systems Research Institute)等公司致力于研究网格式(raster)与向量式(vector)的制图与分析方法。1981 年,由 ESRI 开发的 Standard Relational Database Management System,完成了加拿大的地理信息系统将空间信息与属性分离的理念。Arc/Info 是由 ESRI 开发的第一套商业性的 GIS 软件,它的应用支持了当时许多资源管理机构。

但在这一阶段,地理信息系统的数据分析能力仍然很弱,系统的应用与开发仅限于某些机构内部。

(3) 商业化时期(20 世纪 80 年代)

进入 20 世纪 80 年代, GIS 软件系统的开发得到了前所未有的发展,功能不断完善。注重空间决策支持分析是这一时期 GIS 软件开发的特色。80 年代后期, dBase 与 Oracle 首度发行,这两种关系性数据库的发展,成为 GIS 最佳的属性信息处理工具,也是目前商业化 GIS 软件所共用的数据库格式。

个人电脑的功能有明显的增强与改进,许多 GIS 的软件开发工具逐渐转移至 PC 平台,并从 UNIX 操作系统,移转至 PC-DOS 及 Windows 的操作系统。使原本复杂的 GIS,变成操作较为简单的分析软件。GIS 的应用领域迅速扩大,从资源管理、环境规划到应急响应,从商业服务区域划分到政治选举分区等,涉及许多学科与领域。许多国家制定了本国的地理信息系统发展规划,启动了若干科研项目,建立了一些政府性、学术性机构。这个时期地理信息系统发展最显著的特点是商业化实用系统进入市场。

(4) 用户时代(20 世纪 90 年代以来)

经过 30 多年的发展与改良、厂商间的软件销售与竞争及 GIS 理论与应用的普及化, GIS 已成为许多机构必备的工作系统。

另一方面,20 世纪 90 年代以来,电脑科技一日千里,个人电脑的普及使每一个用户可以很容易获得和使用 GIS,甚至可以自己设计出适合于用户本身使用的 GIS,这使得社会对地理信息系统的认识普遍提高,需求大幅度增加,从而导致地理信息系统应用的扩大与深化。国家级乃至全球性的地理信息系统已成为公众关注的问题,例如地理信息系统已列入美国政府制定的“信息高速公路”计划;如美国副总统戈尔提出的“数字地球”战略、

我国的“21 世纪议程”和“三金工程”也包括地理信息系统。毫无疑问, GIS 将发展成为现代社会最基本的服务系统。

1.4 国内的发展和前景

我国地理信息系统研究的起步大约比国际上晚了 15 年,到 20 世纪 80 年代才开始研究和实践,但起点较高,发展十分迅速,主要体现在以下三个方面^①:

1) 技术与队伍得到了长足的发展,特别是“九五”期间,国家科委将 GIS 作为独立课题列入“重中之重”科技攻关计划,给予了充分的重视和支持,技术发展速度明显加快, GIS 基础技术支持得到了全面的加强,出现了一批有水平的技术成果和产品。如空间数据采集方面的扫描数字化技术、数字摄影测量技术等已达到与国外相当的水平;地图出版技术在某些方面已达到国际领先水平;AM/FM 应用软件水平已经进入世界行列;小型 GIS 基础软件的整体设计水平已经接近国外水平,这一切都为发展我国 GIS 产业奠定了技术基础。与此同时,一大批中青年科学家和技术人员已成为 GIS 技术研究和产品开发的主力军,大批相关应用学科技术人员进入 GIS 领域,使得 GIS 研发形成了多学科结合的局面。许多高等学校相继设立了 GIS 相关专业和学科,培养了一大批 GIS 方面的高新技术人才,相应的 GIS 学术组织相继成立,如中国 GIS 协会、中国 GPS 技术应用协会。我国 GIS 技术人才培养基地已经形成,为 GIS 产业奠定了人力基础。

2) 产品和市场得到了前所未有的发展,我国在微机平台上的 GIS 基础软件产品已具有一定规模,近几年来与国外软件产品的差距正迅速缩短,在不少方面与国外软件的水平相当,有些方面甚至超过了国外软件,出现了一批在国内有影响力的软件产品,如微机基础软件 MapGIS、AM/FM 专用开发平台 GROW、扫描数字化软件 GeoScan 等。近年来随着组件式 GIS 和 WebGIS 的飞速发展,我国相应的软件也应运而生,如 SuperMap 等。在市场方面,国产软件由于价格和服务方面的优势,显示出了强大的生命力。抽样调查的数据表明,在已经建成的 GIS 系统中,使用国产基础软件的系统约占 26%,与 Arc/Info、MapInfo 的市场占有率相当,显示出我国 GIS 软件产业的巨大发展潜力。

3) 应用领域不断扩大,我国已进入了 GIS 的用户时代。GIS 已在国民经济和社会生活中得到了广泛应用,并以前所未有的速度不断扩大,中国已成了世界上最大的 GIS 应用潜在市场。从 20 世纪 80 年代开始,我国在一些行业和领域着手建设地理信息应用系统,经过 20 余年的努力,建成了一批全国、省市和区域一级的数据库及大型应用系统。如全国 1:100 万基础地理信息库、重大自然灾害监测与评估系统、三北防护林系统、重点产粮区主要农作物估产系统等。通过实际构造 GIS 应用系统,解决了应用领域知识的提炼、综合以及与 GIS 技术的结合问题,提高了大型 GIS 应用工程的开发管理水平,为 GIS 的推广和应用积累了丰富经验。地理信息系统除了应用于一些传统领域,如城市规划、土地管理、农作物调查、地图测绘、通信、林业等外,还渗透到社会的许多方面,如资源开发、环境保护、交通、能源、地质调查、房地产、自然灾害监测与评估、环境岩土工程、土木工程、金融、保险、石油与天然气、军事、犯罪分析、运输与导航等。可以预见,随着我国经济的不

^① 引自方裕、张晋,我国 GIS 软件产业发展初探,计算机世界报,1998 年第 21 期 D 版。