



全球变化热门话题丛书

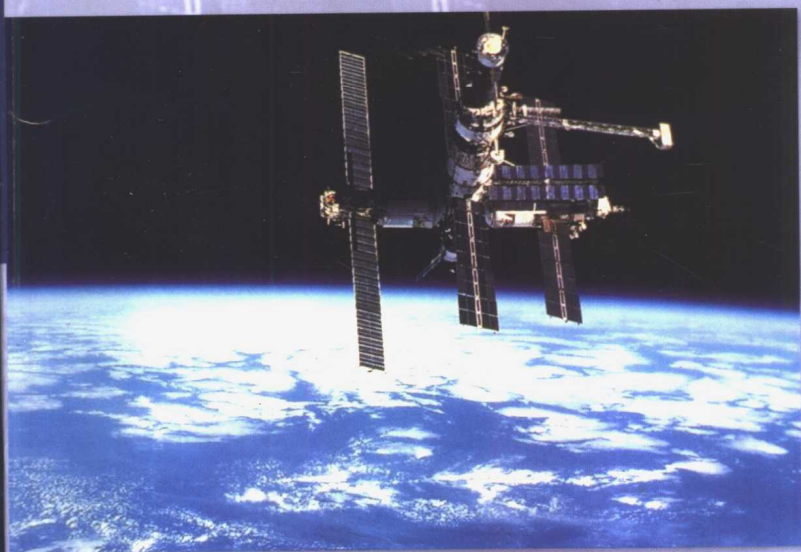
主编 秦大河

地理信息系统及其 在全球变化研究中的应用

GLOBAL CHANGE



江东 编著



气象出版社



全球变化热门话题丛书

主 编 秦大河

副主编 丁一汇 毛耀顺

地理信息系统及其 在全球变化研究中的应用

Dili Xinxi Xitong Jiqi

zai Quanqiu Bianhua Yanjiu zhong de Yingyong

江东 编著

气象出版社

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统及其在全球变化研究中的应用/江东编
著. —北京:气象出版社,2003.3
(全球变化热门话题/秦大河主编)
ISBN 7-5029-3549-5

I. 地… II. 江… III. 地理信息系统-应用-气
候学-研究 IV. P46

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 015185 号

气象出版社出版

(北京中关村南大街 46 号 邮编:100081)

责任编辑:王桂梅 成秀虎 终审:周诗健

封面设计:新视窗工作室 责任技编:陈 红 责任校对:宋春香

*

北京京科印刷有限公司印刷

气象出版社发行 全国各地新华书店经销

*

开本:889×1194 1/32 印张:4.875 字数:117 千字

2003 年 3 月第一版 2003 年 3 月第一次印刷

印数:1—5000 定价:12.00 元

目 录

第一章 什么是地理信息系统	(1)
一图胜千言.....	(1)
GIS 的组成	(3)
硬件设备.....	(3)
软件系统.....	(4)
数据.....	(5)
人员.....	(6)
方法.....	(6)
GIS 溯源	(7)
GIS 的萌芽	(7)
GIS 的发展	(7)
走向成熟的 GIS	(9)
GIS、数字地球与数字化生活	(10)
数字时代	(10)
数字地球	(11)
GIS 能带来什么?	(12)
第二章 GIS 的基本运转模式	(14)
数据采集	(15)
数字化	(16)
数据类型转换	(18)

坐标与投影转换	(21)
数据质量诊断与控制	(23)
信息处理	(24)
定性、定量、定位	(25)
站点观测数据的空间化	(28)
地理编码	(33)
空间分析	(36)
配准:统一的地理坐标系	(37)
基本图形运算	(38)
多要素叠加分析	(39)
缓冲区分析	(44)
地理统计	(46)
网络分析	(49)
从空间分析到空间决策	(51)
信息表达	(53)
统计图表	(54)
专题制图	(55)
三维可视化	(57)
虚拟地理环境	(59)
第三章 GIS 与地理信息加工	(62)
地理信息增值服务	(63)
数据加工	(64)
信息提取	(67)
多源信息融合	(69)
数据挖掘与知识发现	(75)
地理信息空间化	(78)
基础地理数据的空间化	(79)
气候要素的空间化	(79)

栅格上的人类社会	(83)
数字时代的司马迁	(88)
岁月留痕	(90)
气候变化的时空特征	(90)
数字化的“史记”	(92)
第四章 GIS 在全球变化领域中的应用	(96)
它山之石,可以攻玉	(96)
数据	(98)
空间分析方法	(104)
沿着时间轴漫步	(105)
专业应用模型与 GIS 的耦合	(107)
GIS 在全球变化中的应用	(110)
能量与水平衡监测	(113)
水文、水资源	(117)
土地利用/土地覆盖	(120)
荒漠化监测	(125)
农作物监测系统	(127)
第五章 GIS 的应用前景	(133)
虚拟气候系统	(134)
互联网时代的 GIS	(137)
飞入寻常百姓家	(139)
参考文献	(143)

第一章

什么是地理信息系统

人类文明发展的过程,就是人类与自然界协作—抗争—协作的过程。随着 21 世纪第一个黎明的来临,人类社会迈步进入高速发展的信息时代。人们在享受信息社会累累硕果的同时,也面临着全球变暖、土地退化、物种减少和淡水资源短缺等全球变化问题的困扰。我们只有一个地球,为了我们共同家园的美丽和宁静,必须对全球变化带来的影响进行客观评价,监测现状,回溯历史,预测未来,为人类社会的可持续发展提供切实可行的方略。

制造和使用工具是人区别于动物的特有活动。经过几代人的不懈努力,一种研究全球变化及其相关地理现象的有力工具——地理信息系统(Geographic Information System,即 GIS)正不断趋于完善,并在现实生活中发挥着越来越重要的作用。GIS 将颠覆你对地球的想象!

一图胜千言

GIS 的出现是信息技术及其应用发展到一定程度的必然产物。

人类生活在地球上,80%以上的信息与地球上的空间位置有关,起先人们以绘制地图来记录发生在身边的地理现象和地理信息。地图被称为地理学的第二语言,作为一种图形语言形式,既直观生动,又精要凝练,方寸之间往往蕴含丰富的信息,正所谓“一图胜千言”(A map worth a thousand words)。人们利用地图获得自己对空间地理环境的认识,在地图上进行规划设计。

随着人类面对的信息种类和数量的日益倍增,传统的手工填绘、纸张存储的制图方式的弊端开始显现:信息滞后、存储受限、传输方式单一、模拟能力有限、信息提取分析速度慢;只能记录连续变化着的地理现象的某一瞬时,不能进行动态分析;不易存储等。

计算机技术突飞猛进的发展,为我们带来了新的思路和方法。人们开始采用数字形式存储地理信息,用计算机进行辅助管理和相关操作,这种新的技术系统便是现在常说的“地理信息系统”。GIS 是利用现代计算机图形技术和数据库技术,输入、存储、编辑、分析、显示空间信息及其属性信息的地理资料系统(Longley 等.,2001),它以计算机为手段,对具有地理特征的空间数据进行处理,能以一个空间信息为主线,将其它各种与其有关的空间位置信息结合起来。它的诞生改变了传统的数值处理信息方式,使信息处理由数值领域步入空间领域。因此,GIS 是计算机辅助制图/设计(CAM/CAD)、数据库管理(DBM)、遥感(RS)等信息技术交叉、融合的结果(图 1.1)。

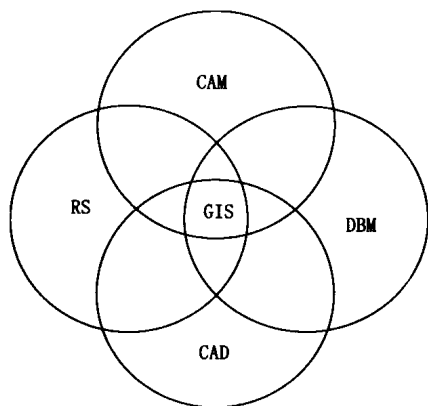


图 1.1 GIS 与相关学科的关系示意图
(据 Maguire D. J. et al., 1991)

GIS 是传输地理信息的新载体。在 GIS 中,信息处理的方式主要是图形方式,它直观醒目,各地理要素的分布态势及彼此之间的拓扑关系一目了然,使人能从宏观上迅速把握全局。GIS 技术的发展吸取了地理学、测量学、制图学、电子工程和计算机科学的营养,特别是计算机辅助制图(CAM)、数据库管理(DBM)、计算机辅助设计(CAD)、遥感(RS)和计量地理学(CG)等学科的发展为 GIS 技术的发展创造了条件。有人甚至认为,GIS 是前五个学科的交叉领域或者是它们的总和。计算机制图着重于数据分类和自动符号表达;计算机辅助设计偏重于设计并对所设计的物体用图形符号进行表达;数据库管理系统主要实现对非图形数据的优化存储和提取;遥感是关于从一定距离使用各种传感器获取特定目标的各种图像,并对这类图像进行处理和分析,以提取信息的技术。GIS 与这些学科的主要区别在于它的空间分析功能,如以地理位置或空间范围作为信息提取的索引和对多层数据进行叠加处理等。随着科学技术的发展,如今的 GIS 已经逐渐地由地球科学向外太空科学延伸,为人类的长久生存做着重要的贡献。

GIS 的组成

GIS 由五个主要元素所构成:硬件、软件、数据、人员和方法(陈述彭等,2001;张超,2000)。

硬件设备

GIS 最核心的硬件设备是计算机系统,其规模和组成视具体的应用需求而定:一个小型的应用系统可以由一台个人计算机独立运作;而一个大型的系统可能由数台计算机和网络共同组成。为了完成地理信息的输入和地图成果的输出,除一般的键盘和鼠标之外,还必须有一些特别的外围设备。输入设备包括扫描仪(scan-

ner)或数字仪(digitizer),用于输入传统地图上的信息。扫描仪能够将纸质地图或遥感图片扫描成数字影像,以 TIF 或 BMP 等多种方式存储;数字化仪则可以将纸质地图上的地物信息以矢量形式(点、线、多边形)存储在计算机中。常用的图形输出设备包括:图形显示器、打印机、绘图机等。GIS 的基本硬件设备如图 1.2 所示。

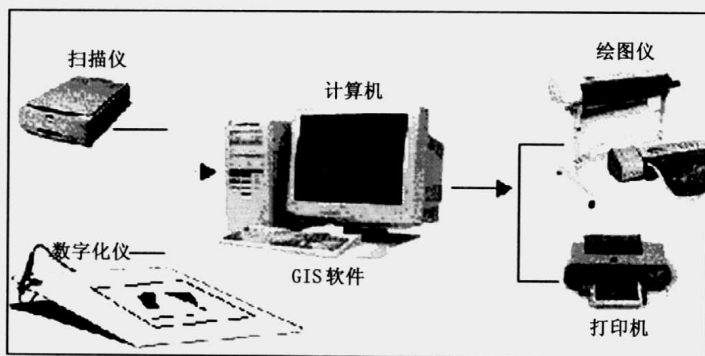


图 1.2 GIS 的基本硬件设备

软件系统

GIS 软件用于完成对地理信息的存储、管理、分析和显示的功能和操作。GIS 软件系统可以再细分为以下主要子系统:

- 数据输入子系统:负责数据的采集、预处理和数据的转换(主要指不同管理信息系统间的数据交流)。

- 数据存储与检索子系统:负责组织和管理数据库中的数据,以便于数据查询、更新与编辑处理。

- 数据分析与信息处理子系统:负责对数据库中的数据进行计算和分析、处理,如面积计算,储量计算,体积计算,缓冲区分析,空间叠置分析等。

- 数据输出子系统:以表格、图形、图像方式将数据库中的内

容和计算、分析结果输出到显示器、绘图纸或其它介质上,或转换为其它系统所需要的格式。

以上四类子系统是 GIS 的基础组成部分,在一些具体的应用实践中,可能会根据实际需要适当扩展。

数 据

“问渠哪能清如许,为有源头活水来”,数据是 GIS 系统中的血液,它在 GIS 系统中有序流动,将我们需要的“营养物质”(信息)带到指定位置(各功能模块),并且不断吐故纳新,保持数据的时效性。

GIS 所处理的数据不同于一般管理信息系统(Management Information System,即 MIS)的数据。一般资料可能仅包含属性及彼此间的关联,而地理数据则包含了图形(graphic)及属性(attribute)两部分。

图形部分是指地理现象的大小、形状、位置及地理对象(geographic objects)间的相互关连。依照资料的维度,可以将空间资料区分为:

- 点:代表某些点状的地理现象,例如:测量控制点、水文测站位置、电话亭位置、下水道的人孔等,都是一些点状的资料,具有单一的坐标。

- 线:一维的资料,例如:河川、道路系统,公共设施管线,都是一维的线性数据。

- 面:二维的资料,例如:各种土地利用的范围、行政区域、地籍资料等,是一种平面的资料。

- 体:三维空间的资料,用来表现如地质、大气、海洋等现象,这种资料除具有 X 和 Y 位置外,在垂直方向也有不同属性。

属性资料是用来表现地理现象的性质或数量。地理现象的属性可以分成下列四个类别:

- 识别资料:用来表现空间对象的识别,如街道名、乡镇名等。
- 类别资料:如土地利用型态、土壤的类别、电话线和电力线的区分。这种资料只有种类的区分,而没有数量、大小或等级的差别。
- 级序资料:资料具有等级大小的关系,如国道、省道、县道的分级。
- 数量资料:如交通流量、人口数量、高度、温度等可以量度的资料。

这些数据中,第一类数据是由字符串来表示,第二和第三类资料可以用文字或数字来表示,而第四类则是以数字表示。所以地理信息系统中的属性资料可以是文字、数字或字符串等。空间与属性资料整合之后,始构成一笔笔完整的地理资料。

人 员

这里的人员指的是不同层次的 GIS 用户。GIS 的用户范围包括设计、维护系统的技术专家和那些使用该系统并完成他们的工作的人员。为了维持正常运作,GIS 运作中的相关工作包括:系统研发、维护及使用等不同层次。一个系统往往需要不同专业人员合作,有的负责计算机系统的维护与管理,有的负责软件的操作和使用,有的则是负责企划和项目管理。对于一个小型单位内部使用的系统,运作人员可能是兼具各种知识、身兼数职的个人,而在一个大型的系统之下,这些人员组成可能需要包括数个不同专长的人士所组成的团队,人才的优劣关系着系统的运作与发展。

方 法

成功的 GIS 系统,具有好的设计计划和自己的事务规律,这些称为 GIS 的规范和方法,而对每一个单位来说,具体的操作实践又是独特的。一般来说,GIS 有五个过程或任务:输入、处理、管

理、查询和分析、可视化。

输入就是将地理信息放入 GIS 中,包括纸质地图的数字化、扫描,已有数字化地图的格式转换,甚至是野外现场实际测图等。

处理就是对输入的信息进行归整,例如:加入地图投影的信息、地物属性特征的添加、图幅的规范整饰等,为下一步的管理和分析工作奠定良好的基础。

管理就是按照用户的需求对地理信息进行统一的安排,包括地图的增加、删除、修改、检索和查询(从空间信息对属性信息的查询、从属性信息到空间信息的查询)。GIS 的分析功能包括:道路的交叉分析、网络分析、缓冲区分析、多层地图叠加分析等内容。

可视化是对查询或对分析的结果用二维或立体的形式加以表达,使用户一目了然。

GIS 溯源

GIS 的萌芽

地理信息系统的创立和发展是与地理空间信息的表示、处理、分析和应用手段的不断发展紧密联系的。地理信息系统起源于北美。世界第一个运行性地理信息系统是在 1963 年加拿大土地调查局为了处理大量的土地调查资料,由测量学家 R. F. Tomlinson 提出并建立的。同一时期美国哈佛大学的计算机图形与空间分析实验室,建立了 SYMAP 系统软件,竭力发展空间分析模型和制图软件。但由于当时计算机技术水平不高,存贮量小,磁带存取速度较慢,使得 GIS 带有更多的机助制图色彩,地学分析功能极简单。

GIS 的发展

试验与实践:20 世纪 70 年代以后,由于计算机软、硬件迅速

发展,特别是大容量存贮功能磁盘的使用,为地理空间数据的录入、存贮、检索、输出提供了强有力的手段,使 GIS 朝实用方向迅速发展。美国、加拿大、英国、德国、瑞典、日本等发达国家先后建立了许多不同专题、不同规模、不同类型的各具特色的地理信息系统,如美国地质调查局建立了 50 多个地理信息系统用于地理、地质、地形和水资源等领域空间信息的工具,典型的有 GIRAS,用于处理、分析全国范围土地利用和土地覆盖制图的空间数据。在此期间,许多大学和研究机构也开始重视 GIS 软件设计及应用的研究。如美国纽约州立大学创建了 GIS 实验室,后来发展成为包括加州大学和缅因州大学在内的由美国国家科学基金会支持的国家地理信息分析中心。70 年代的 GIS 分析功能与 60 年代相比,并未得到很大扩充,许多数据库的容量也较小。因此,70 年代可以说是地理信息系统的巩固阶段。

商业化:20 世纪 80 年代是 GIS 普及和推广应用的大发展阶段,由于新一代高性能计算机的普及和迅速发展,GIS 也逐步走向成熟。GIS 的软、硬件投资大大降低,而能力则明显提高,已进入多学科领域,由功能单一、比较简单的分散系统发展成为多功能的用户共享的综合性信息系统,并向智能化发展。随着 GIS 与卫星遥感技术的结合,GIS 已用于全球变化的研究与监测,如全球沙漠化、厄尔尼诺现象等研究。所以,80 年代是地理信息系统发展具有突破性的年代,出现了一些具代表性的性能较好的 GIS 软件,如 ARC/INFO, MICROSTATION, SICAD 和 GENAMAP 等。在我国,开始了 GIS 的启蒙研究,从概念的引入、理论的消化到软件的自行开发和专业应用系统的建设,起步虽晚,但发展很快,1985 年成立了国家资源与环境信息系统重点实验室,对 GIS 进行理论探索和区域性实验研究,并制定国家 GIS 的规范,进行信息采集、数据库模型设计(陈述彭等,2001)。

产业化:20 世纪 90 年代以来,GIS 逐渐成为一项蓬勃发展的

产业,并跻身于IT行业的一部分。GIS已渗透到各行各业,成为人们规划管理中不可缺少的应用工具。在“数字地球”的整体思路框架下,GIS成为国民经济信息化建设的重要工具,在“数字河流”、“数字城市”等工程项目中大显身手。我国的GIS也已不再“养在深闺人未识”,从科研院所的实验室里走向社会,形成了市场经济体制下良性的发展模式,成为一个全国性的研究领域,GIS已逐步与国民经济建设相结合,取得了重要进展和实际应用效益。一方面,以研究资源与环境信息的国家规范和标准,省、市、县级的规范和区域性的规范为主体,解决信息共享与系统兼容的问题。另一方面,开展全国性的自然资源与环境、国土和水土保持信息系统的建立和应用模式研究,开展结合水保、洪水预警和救灾对策、防护林生态和城市环境等方面区域信息研究。第三方面是研制和发展软件系统和专家系统,从技术上支撑上述研究领域的开拓与发展。如北京大学的地理专家系统、华东师范大学的地理应用程序软件包等。并完成了一批综合性、区域性和专题性的信息系统,如黄土高原水土流失信息系统、黄河下游洪水险情预警信息系统、中国国土基础信息系统等。现已在全国范围内形成了地理信息系统的科研队伍,大、中、小城市的城市信息系统和土地利用信息系统,资源管理信息系统等专题的地理信息系统纷纷建立和运转起来(陈述彭等,2001;郭达志,1996;黄杏元,1990)。

走向成熟的 GIS

20世纪90年代以来,地理信息系统发展迅猛,其内涵不断丰富、外延逐步拓展。最初的地理信息系统都是一些具体的应用系统,充其量只能称之为项技术。现在已发展成一门独立的、充满活力的新兴学科——地球信息科学。地球信息科学从理论上讲是解决地球信息问题,它的范围包括从卫星航空遥感或全球定位系统(GPS)接受信息,变换和校正后进入空间数据库(数据库中的地

理信息可以方便地检索、查询),在此数据库和相关知识库的基础上能够定义和生成各种领域专用模型,如城市规划模型、灾害评价模型等;运用这些模型对地理数据进行有效分析,并把分析结果或决策咨询建议以直观、清晰的形式输出。

GIS 的应用也日趋深化和广泛,在国土资源、农业、气象、环境、城市规划等领域成为常备的工作系统。尤其是 1998 年,美国前副总统戈尔提出“数字地球”的概念以来,GIS 在全球得到了空前迅速的发展,广泛应用于各个领域,产生了巨大的经济和社会效益。进入 21 世纪后,我国正式提出了建设“电子政务”,以政务信息化带动社会信息化的宏伟构想,GIS 将在国民经济宏观管理、数字国土、数字水利等领域中发挥重要作用。

今天,GIS 已是一个全球拥有数十万的人员和数十亿美元的产业,GIS 已在全世界的中学、学院、大学里被讲授;GIS 的发展进入了以用户为中心的时代,GIS 正成为人们日常生活、工作中不可或缺或的得力助手。

GIS、数字地球与数字化生活

数字时代

21 世纪是数字化的时代。

1946 年,世界上第一台通用数字电子计算机问世,这是人类科技史上具有深远意义的一个新起点。计算机技术的不断提高和广泛使用,大大提高了人类处理、存储信息的能力。20 世纪 80 年代,美国学者阿尔温·托夫勒在他的《第三次浪潮》中,提出了一个大胆的预测:人类文明发展在经历了农耕社会和工业社会后,即将进入信息社会;互联网的使用和普及,引爆了信息核弹,“忽如一夜春风来,千树万树梨花开”,人类交流信息的能力得到空前的提高;

1995年,美国麻省理工学院教授兼媒体实验室主任尼葛洛庞蒂的《数字化生存》宣告了信息时代(数字化时代)的到来。

“数字化将决定我们生存”。信息时代的来临,正在引起人类社会的巨大变革,改变人类的生存和发展方式。信息技术是信息社会的主要生产力,“四个现代化,哪一化也离不开信息化”(引自江泽民总书记的讲话)。1996年,在联合国“信息社会与发展”大会上,重点讨论了在以信息高速公路为标志的信息时代,全球资源环境的管理、全球大规模自然灾害应对策略等问题。

数字化的浪潮正滚滚向前。

数字地球

信息技术为全球变化的发展提供了新的解决途径。数字地球是美国继“星球大战计划”和“信息高速公路”之后又一全球性战略计划。1998年1月31日,美国前副总统戈尔在《数字地球:对21世纪人类星球的认识》(The Digital Earth: Understanding our planet in the 21st century)的报告中提出:“我们需要一个‘数字地球’,即一种可以嵌入海量地理数据的、多分辨率的和三维的地球表示,可以在其上添加许多与我们所处的星球有关的数据。”同时,戈尔用小孩参观一个地方博物馆的例子,描绘数字地球的场景:“当他戴上头盔时,他便可以看到与从太空看到的一样的地球。然后,通过数据手套,他可以对所看到的影像进行放大,这样通过越来越高的分辨率,他便可以看到各大洲以及不同的地区、国家、城市等内容,甚至最后还可以看到具体的房屋、树木以及其它自然的或人造的对象。”(李德仁,1999)

数字地球的提出有其全球战略的考虑,正如江泽民主席所说:“世界各国都在抓紧制定面向新世纪的发展战略,争先抢占科技、产业和经济的制高点”。针对数字地球,中国科学院陈述彭院士认为:数字地球并非是一个孤立的科技项目或技术目标,而是一个整