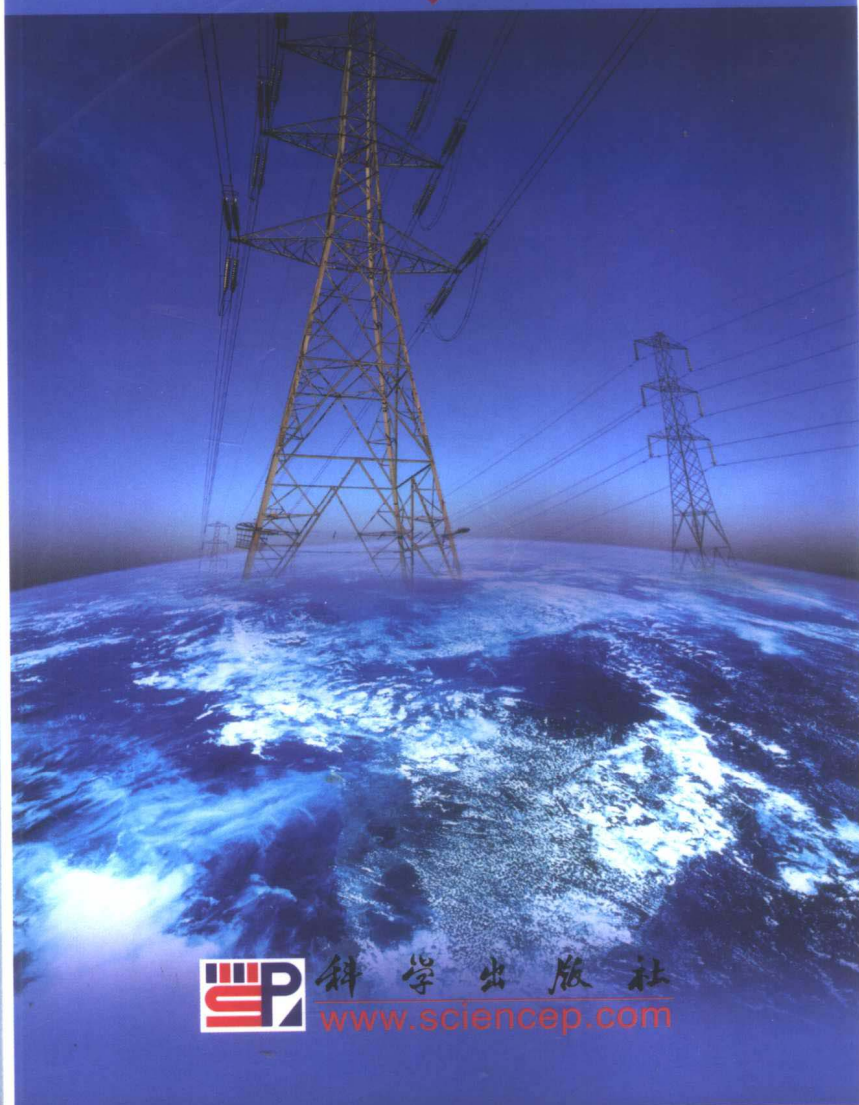


电力地理信息系统及其 在配电网中的应用

孙才新 周 淦
刘理峰 雷绍兰

著



科学出版社

www.sciencep.com

电力地理信息系统及其 在配电网中的应用

孙才新 周 淦 刘理峰 雷绍兰 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书结合电力系统的特点,系统地介绍了地理信息系统(GIS)的基本理论和电力地理信息系统及其在配电网中应用的原理及方法,融入了国内外的最新研究成果和供电企业开发应用GIS的实践经验,向读者展现了电力地理信息系统及其在配电网中应用的概貌和研究动态。

本书的特点是基础理论与开发应用并重,反映了作者在研究、开发和工程应用中的成果及实践,对电力地理信息系统的研究和电力系统设计、运行、管理中的开发和应用都有重要的理论参考价值及实用性。

本书适于从事电力工程和信息化应用的技术人员及管理人员阅读,也可作高等院校相关专业本科生和研究生的教材及参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电力地理信息系统及其在配电网中的应用/孙才新等著. —北京:科学出版社,2003
ISBN 7-03-011055-2

I. 电… II. 孙… III. 地理信息系统-应用-电力系统
IV. TM769

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第105953号

责任编辑:马长芳/责任校对:包志虹

责任印制:刘秀平/封面设计:黄华斌

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>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年3月第一版 开本:B5 (720×1000)

2003年3月第一次印刷 印张:14 1/4

印数:1—3 500

字数:276 000

定价:29.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

地理信息系统(geographic information system, GIS)是在计算机硬件、软件系统支持下,对整个或部分地球表面(包括大气层)空间中与地理分布有关的数据进行采集、存储、管理、运算、分析、显示和描述的综合技术系统。GIS 系统由于其强大的数据分析和空间分析功能,已被应用于电力系统中与空间信息密切相关的各个方面,并成为电力行业自动化系统当前的新技术发展方向和电气工程学科的新兴交叉学科研究领域之一。

由于我国很多电力企业都相继自主开发了管理信息系统(management information system, MIS),对设备属性进行管理,因此,电力 GIS 系统开发的切入点,是根据电力设备特征的分类,引入 GIS 系统与 MIS 系统分别管理空间数据和属性数据,以 MIS 系统为主线, GIS 作为空间数据可视化表达及分析工具,两者有机结合,实现双向查询与通信,形成全面管理设备的有机整体。随着 GIS 系统的快速发展及其优良特性,目前大多数独立的自动绘图(automated mapping, AM)/设备管理(facilities management, FM)系统都与 GIS 系统集成,利用 GIS 系统开发功能更强大的 AM/FM,即构成全新的 AM/FM/GIS 电力图形资料系统(也称为电力 GIS 系统)。输电控制中心的能量管理系统(energy management system, EMS),只与发、输、变电设备打交道,属输电管理系统;配电控制中心的配电管理系统(distribution management system, DMS),除与负荷管理(load management, LM)有关外,还通过远方终端装置(remote terminal unit, RTU)监视控制配电变电站和配电线路的设备;而监视控制和数据采集(supervisory control and data acquisition, SCADA)系统是 EMS/DMS 系统应用软件实时数据的来源和控制操作执行机构。因此,一般而言,EMS 主要监视、控制和管理发电、输电及变电,而变电以下的供电系统,包括 LM、AM/FM 等,属于 DMS 范畴。两者均以 SCADA 为起点,可组成 SCADA/EMS/DMS 系统。由于 GIS 系统有一般的图形制作、编辑与管理功能,而且其突出的特点是具有较强的空间数据分析和关联分析功能,这正是 EMS 和 DMS 所需要的,即 SCADA 的实时信息都可以映射到 GIS 系统上来,因此 SCADA/EMS/DMS 系统通过 SCADA 与 AM/FM/GIS 的系统集成已成为输配电网当前的一个新技术发展方向。

目前的 SCADA/AM/FM/GIS 在线系统只监控了电气设备的宏观运行特性,未考虑设备内部绝缘运行状态及故障诊断状况。随着电气设备绝缘运行状态在线监测及故障诊断系统的开发和日益广泛的推广应用,如何以数字地图为背景的 GIS 系统作支撑平台,利用其提供地理层和设备层的基础数据,将电气设备绝缘运

行状态在线监测系统实时数据库中反映在线监测特征量数据的实时信息,与 SCADA/AM/FM/GIS 的地理空间信息和电气设备属性信息有机地集成一个新系统,既能全面反映电力系统及设备的宏观运行状态,又能实时监控电气设备内部的绝缘状态,更加有效地管理整个电力系统的运行,这又是当前电力行业极为关注的一个应用基础研究及开发的新课题。

由于成熟的 GIS 系统软件在属性信息的处理上侧重于基础地理数据的属性数据,在电力系统中最重要并不是非常精确的地理坐标和高程等地理信息,而是在一定的位置显示支持下的有关设备、线路的台账信息和设备内部绝缘的状态等信息。因此,在构建电力 GIS 系统时,必须根据电力系统的运行特点和要求,在一定的软件支持下,采取一些特殊的技术和方法,建立适用的连接空间位置属性信息的数据库系统,侧重于对属性数据库的分析和设计,其中有诸多的问题要进行大量的深入研究和实践。同时,如前所述,根据电力行业各种管理的要求,还需对 GIS 系统的功能进行不同方式的组合,并与其他管理系统集成。由此可见,电力 GIS 系统的研究与开发及应用,具有重要的科学意义和广阔的应用前景。

本书是以孙才新教授近几年来为研究生讲授电力 GIS 系统及其应用专题课讲义为基础,总结了课题组承担电力行业委托的科研课题和研究生从事该方向研究论文的研究成果,同时,融入了国内外从事电力 GIS 系统及其应用研究的成果。本书既涉及 GIS 系统大量的基础理论和方法,又涉及在输配电系统和电气设备宏观及运行状态管理等多个领域的应用,加之作者从事电力 GIS 系统及其应用的研究领域十分有限。因此,作者在本书撰写中尽可能考虑了系统性和完整性,融入了国内外学者正式发表的研究成果,在此作者要特别强调,他们的科研成果为丰富本书内容起了重要作用。本书前言、第一、二、五、七章由孙才新撰写;第三、八章由刘理峰撰写;第六章由周淦撰写;第九章由雷绍兰和孙才新撰写。全书由孙才新负责统稿及审订,周淦和雷绍兰协助统稿及出版前的一系列工作。

在本书中涉及的科研工作和撰写过程中,承蒙中国电力企业联合会标准化中心陆宠惠教授级高工(博士生导师)、广东核电集团郑健超院士、重庆大学电力系统及其自动化系周家启教授(博士生导师)等的帮助,并得到重庆、贵州等电力公司专家们的支持。陆宠惠教授级高工审阅了初稿,周家启教授对全书进行了仔细审阅并提出宝贵的修改意见,在此,作者对他们表示诚挚的谢意。同时,作者对重庆大学高电压与电工新技术教育部重点实验室从事电力地理信息系统及其应用研究的同事、历届博士和硕士研究生所付出的辛勤劳动一并致以谢意。

由于作者水平有限,本书谬误之处在所难免,恳请读者给予指正。

作者于重庆大学

2003.1

目 录

前言

第一章 地理信息系统概论	1
1.1 地理信息系统的概念及构成	1
1.2 GIS 系统的特征及功能	6
1.3 GIS 系统的空间信息分析	10
1.4 GIS 系统的数据库	16
1.5 GIS 系统应用现状及发展趋势	21
第二章 电力地理信息系统及其软件平台选择	28
2.1 电力 GIS 系统及其应用前景	28
2.2 电力 GIS 系统软件开发的基础平台及分析	34
2.3 现有电力 GIS 应用软件系统的分析	45
2.4 电力 GIS 系统开发平台的选择	47
第三章 电力地理信息系统的数据库模型	51
3.1 数据模型与数据结构的关系分析	51
3.2 空间数据模型与空间数据结构的关系分析	53
3.3 GIS 系统数据模型	57
3.4 电力 GIS 系统的数据库模型	60
第四章 电力地理信息系统的数据库设计	66
4.1 电力 GIS 系统数据库及其发展趋势	66
4.2 数据库的地理基础和属性数据与空间数据的连接方法	70
4.3 电力 GIS 系统数据组织及建库流程分析	73
4.4 电力 GIS 系统与 MIS 系统数据库的连接方式	82
第五章 配电网地理信息系统与网络拓扑算法及着色	85
5.1 配电网 GIS 系统的构建原理	85
5.2 基于 Web 技术的配电网 GIS 系统	92
5.3 配电网 GIS 系统网络拓扑分析算法	97
5.4 配电网 GIS 系统网络拓扑着色算法	102
5.5 配电网 GIS 系统网络拓扑着色实践	105
第六章 电力地理信息系统在配电网中的应用	109
6.1 配电网 SCADA 系统与 GIS 系统集成	109

6.2	基于 GIS 系统的配电网故障定位方法	114
6.3	基于 GIS 系统的配电网检修计划管理系统	125
6.4	GIS 系统在配电网规划与设计中的应用	130
第七章	电力地理信息系统在配电网空间负荷短期预测中的应用	141
7.1	配电网空间负荷预测的常用方法	141
7.2	处理馈线间负荷转移量的 LTC 法	145
7.3	分类估计馈线 h 年负荷的方法	148
7.4	对馈线负荷增长分类的灰色关联度聚类方法	151
7.5	对每一类馈线进行负荷预测的遗传规划方法	153
7.6	基于 GIS 系统的配电网空间负荷短期预测的组合法	159
第八章	电力地理信息系统在配电网最佳抢修路径计算中的应用	164
8.1	配电网最佳抢修路径算法的研究现状及趋势	164
8.2	交通信息对最佳抢修路径选择的影响	167
8.3	配电网最佳抢修路径的数学模型	171
8.4	配电网最佳抢修路径的基本算法	174
8.5	基于节点 - 弧段结构的 Dijkstra 算法	176
8.6	基于二叉堆优先级队列的改进 Dijkstra 算法	178
8.7	基于空间方向关系的实用最佳抢修路径算法	184
8.8	配电网最佳抢修路径算法的应用实例分析	190
第九章	电力地理信息系统在设备管理中的应用	192
9.1	电力 GIS 系统在输电线路管理中的应用	192
9.2	电力 GIS 系统在发电厂管道管理中的应用	200
9.3	电力 GIS 系统在配电设备管理中的应用	205
9.4	电力 GIS 系统与电气设备在线监测系统集成	210
参考文献		217

第一章 地理信息系统概论

地理信息系统(geographic information system, GIS)是在计算机硬件、软件系统支持下,对整个或部分地球表面(包括大气层)空间中与地理分布有关的数据进行采集、存储、管理、运算、分析、显示和描述的综合技术系统。在构建电力地理信息系统时,必须根据电力系统运行的特点要求,选择合适的 GIS 基础开发平台,采取一些特殊的技术和方法对 GIS 系统的功能进行不同方式的组合,并与其他管理系统集成。因此,在构建电力地理信息系统前,必须系统地掌握地理信息系统的基本理论和现状及发展趋势。

1.1 地理信息系统的概念及构成

1. 地理信息系统的概念

地理信息系统(GIS)是集计算机科学、地理学、测绘学、环境科学、经济学、城市学、空间科学、信息和管理科学于一体的一门跨学科的新兴边缘学科,它是以待空间数据库为基础,在计算机硬、软件环境的支持下,对空间相关数据进行采集、管理、操作、分析、模拟和显示,适时提供空间和动态的地理信息,为决策服务的一类信息系统。GIS 系统以其混合数据结构和独特的地理空间分析功能独树一帜。

$$\begin{aligned} \text{GIS} &= \text{CAD(计算机辅助制图)} \\ &+ \text{DATABASE(数据库)} \\ &+ \text{SPATIAL OPERATION(空间操作)} \end{aligned}$$

通常把 GIS 系统要处理的信息分为两类:第一类是反映事物地理空间位置的信息,从计算机的角度通常称为空间位置数据,也称地图数据或图形数据;第二类是与事物的地理位置有关且反映事物其他特征的信息,通常称为专题属性信息或专题属性数据,也称文字数据图形数据。

在 GIS 系统中,事物空间位置最基本的表示方法是点、线、面和三维表面。所谓点,是该事物的大小、长度可忽略不计,如污秽监测站、输电线路杆塔的接地井、区域规划层次上的城市等,在地图上常用点来表示。所谓线,是该事物的面积可以忽略不计,但长度、走向很重要,如输电线路、道路、河流、地下电缆沟等,可在地图上用线来表示。所谓面,是该事物具有特定的、封闭的边界,如供电区域、电力调度大楼基底等,在地图上往往是由线围成的不规则多边形。所谓三维表面,是该事物在一定的地理范围内是连续变化的,其边界往往是模糊的,如变电站不规则的地形

表面、大气中的二氧化硫含量等,在地图上常用等值线、均匀渐变的颜色块来表示。GIS 系统将点、线、面、三维表面存入计算机中成为事物的空间数据,其储存的方式和手工地图本质上相似。环境污染监测站的各种监测资料,接地井的土质、土壤电阻率,道路的交通量、路面质量,地下电缆的用途、缆径、埋深,河流的径流量,供电区域的常住人口、人均用电量,大楼的产权人、质量、层数、办公人数等,都是与点、线、面的位置即空间(地图)数据相对应的属性(文字)数据,三维表面的属性如地面高程、大气二氧化硫的含量一般与空间数据储存在一起。

GIS 系统最基本的功能是将分散收集到的各种空间、属性信息输入到计算机内,建立起有相互联系的数据库,当外界情况变化时,只要更改局部的数据,就可维持数据库的有效性和现实性,并将数据储存到计算机中实现分析和输出的目的。查询、分类是 GIS 系统最简单也是最常用的分析功能。例如,空间数据可以显示在计算机的屏幕上,指定任意的空间位置就可以知道有关事物的属性;当用光标选择了若干污染监测站、地下电缆、供电区域时,马上就可知知道对应的监测资料,缆径、埋深、用途、人口、用电量等等,电缆的长度、供电区域的面积均可自动量算获得。从属性数据角度可查出每小时交通流量大于某一规定值的道路有几条,日用电量大于一定容量的变压器有几台,也可同时在屏幕上将符合条件的道路、变压器位置用不同的颜色显示出来。查询、分类的结果可以一般地图或报表的形式绘制、打印在纸上。

目前比较先进的 GIS 系统可从空间位置的相互关系上进行综合分析。例如,人们可以将道路网定义为一组线,某个区域定义为一个面,当把线的有关数据和面叠合到一起时,面内的每公顷路网长度、总的交通流量、进入或出去的交通流量等,均可用文字报告的形式输出;如果定义一条道路的中心线和规划红线宽度,并和房屋空间数据叠合,就可得到在红线范围内有多少房屋可能拆除和大致有多少居民要动迁等等。对于不规则的地形,可以在地图上(或实测)获得一些关键点的坐标和标高,然后推算出整个区域大致的三维地形表面,绘出等高线图、三维网状地面透视图等,这一方法可用于水电站的坝高、坝址的选择。对水库容量、淹没范围、迁移人口进行估算时,如果将地形标高拆成污染监测数据,我们就可得出一定范围内大气污染、噪声的等值线图,以及对居民、生态和线路外绝缘的影响等等。

如图 1.1 所示, GIS 系统和计算机图形学、计算机地图制图、航空摄影测量与遥感(remote sense, RS)、数字图像处理、数据库管理系统等项技术的发展有密切关系。实际上,这些技术也影响到其他一些计算机应用系统,例如自动地图制图和公用设施管理(automated mapping/facility management, AM/FM)系统等也具有绘图、地图数据处理、数据库管理的能力,虽然 AM/FM 也把地图和属性信息的综合管理作为自己的主要功能,但是 AM 系统只需要简单的空间查询和空间分析,专用的 FM 系统的空间查询和分析功能比较特殊,只不像一般的 GIS 系统那样通

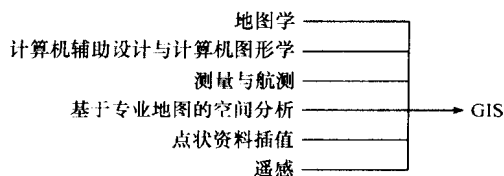


图 1.1 GIS 系统与有关学科的融合示意图

用。当然,一些功能比较齐全的 GIS 系统软件常被用于 AM/FM 领域,更确切地说,GIS 系统和 AM 系统是相互交错,二者的部分功能相同,而 FM 系统已逐渐地被人们视为是 GIS 系统的一个专门应用领域。

2. GIS 系统的构成

一个典型的 GIS 系统通常包括三个基本部分:计算机系统(硬件、软件)、地理数据库系统、应用人员与组织机构(图 1.2)。

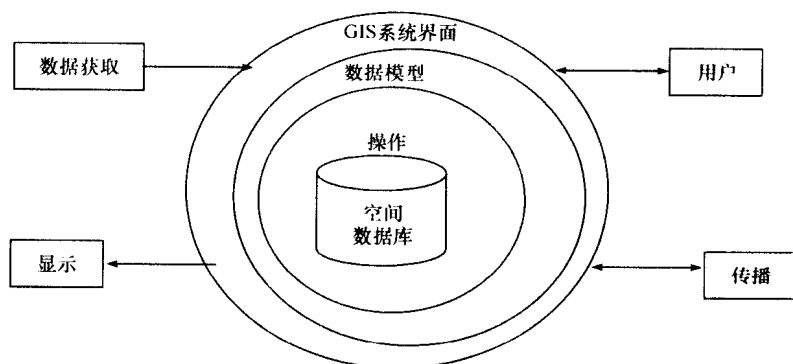


图 1.2 GIS 系统构成图解

(1) 计算机系统

GIS 系统的计算机系统可分为硬件系统和软件系统。硬件系统包括执行程序的中央处理器,保存数据和程序的存储设备,用于数据输入、显示和输出的外围设备等。其中大多数硬件是计算机技术的通用设备,如数字化仪、扫描仪等。软件系统由核心软件和应用软件组成,其中核心软件包括数据处理、管理、地图模拟和空间分析等部分;特殊的应用软件包与核心模块紧紧相连,面向的是一些特殊的应用问题,如网络分析、数字地形模型分析等。虽然 GIS 系统软件有些是通用的数据库管理系统,但大部分是仅限用于 GIS 系统领域的专用软件;一些 GIS 系统软件属于免费软件,但大多数为涉及知识产权所有问题的商业化软件系统;有些软件是面向特定硬件的,但大多数软件是独立于特定硬件的开放系统。

(2) 地理数据库系统

GIS系统的地理数据分为几何数据和属性数据。几何数据由点、线、面组成,表现了地理空间实体的位置、大小、形状、方向以及拓扑几何关系。地理数据库系统由数据库实体和地理数据库管理系统组成,地理数据库管理系统主要用于数据维护、操作和查询检索。地理数据库是GIS系统应用项目重要的资源与基础,它的建立和维护是一项非常复杂的工作,涉及许多步骤,需要技术和经验,需要投入高强度的人力与开发资金,是GIS系统应用项目开发的瓶颈技术之一。

(3) GIS系统的应用人员和组织机构

GIS系统专业人员是GIS系统设计、运行和应用成功的关键,而强有力的组织是系统运行的保障。对于一个周密规划的GIS系统项目,应包括负责系统设计和执行的项目经理、信息管理的技术人员、系统用户化的应用工程师以及最终运行系统的用户。除上述以外,从系统中数据处理看,GIS系统是由数据输入子系统、数据存储与检索子系统、数据处理与分析子系统和输出子系统组成。其中:

- 1) 数据输入子系统负责数据的采集、预处理和数据转换等。
- 2) 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。
- 3) 数据处理与分析子系统负责对系统中所存储的数据进行各种分析计算,如数据的集成与分析、参数估计、空间拓扑叠加、网络分析等。
- 4) 输出子系统以表格、图形或地图的形式将数据库的内容或系统分析的结果以屏幕显示或硬件拷贝方式输出。

3. GIS系统与相关学科的关系

GIS系统是传统科学与现代技术相结合的产物,它为涉及空间数据分析的相

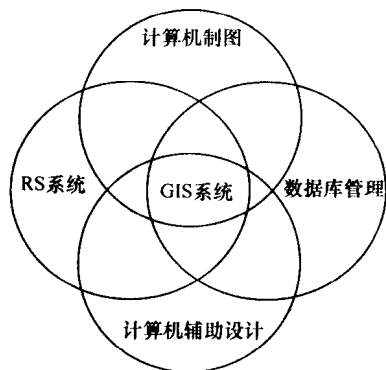


图 1.3 GIS系统与相关科学的关系

关学科提供了新的研究方法,反过来这些学科又不同程度地为GIS系统提供了一些构成技术与方法,因此,为了准确地定义和深刻地理解GIS系统的内涵,有必要认识和理解GIS系统与相关学科的关系(图1.3)。

(1) GIS系统与地理学及地质数据处理系统

在专门研究人类赖以生存空间的地理学中,空间分析的理论和方法为GIS系统提供了有关空间信息分析的基本观点与方法,并且是GIS系统的基础理论依托;与此同时,GIS系统的发展也为解决地理学中的问题提供了全新的

技术手段,并使以数学方法研究地理学的传统得到充分发挥,以 GIS 系统作为一个技术系统将逐步发展成处理与空间信息有关的通用系统,并日趋成为广泛地应用于地理研究的日常技术方法。

以地理数据的收集、存储、加工、集成、再生等数据处理为目标的地理数据处理系统,为 GIS 系统提供了符合一定标准和格式数据的信息系统。通常将 GIS 系统的地理数据处理分为两个层次:其一是以数据格式、数据量、存在介质、精度、空间表示方法等为特征的 GIS 系统外部数据处理,其目的是为 GIS 系统利用数据做准备,如 RS 系统数字图像的校正、图像增强、图像分类等;其二是 GIS 系统内部数据的处理,它包括水平方向的专题层内部数据处理、垂直方向上的专题层之间的数据处理、适于不同比例尺需要的变焦数据处理、用于动态分析的四维数据处理和用于网络分析的运筹法数据处理,数据处理系统的数据包括具有统计性质的空间数据、RS 系统数据、地理专题空间数据等。

(2) GIS 系统与地图学及电子地图

地图是记录地理信息的一种图形语言形式,它脱胎于地图的 GIS 系统而成为地图信息的又一种新的载体形式,并具有存储、分析、显示和传输的功能,尤其是计算机制图为地图特征的数字表示、操作和显示提供了成套方法,为 GIS 系统的图形输出设计提供了技术支持。但是,地图仍是目前 GIS 系统的重要数据来源之一,不过二者之间有着一定的差别:地图强调的是数据分析、符号化与显示,而 GIS 系统则注重于信息分析。因此,地图学理论及方法对 GIS 系统的发展有着重要的影响。

对 GIS 系统与制图系统的关系目前存在两种看法:其一,计算机辅助制图系统是 GIS 系统的一部分;其二,GIS 系统是计算机辅助制图系统之上的超结构(superconstructure)。事实上,从 GIS 系统的发展过程可以看出,GIS 系统的产生、发展与制图信息系统存在着密切的联系,两者的相通之处是,基于空间数据库的空间信息的表达、显示和处理。在系统组成和功能上,一个 GIS 系统除拥有计算机辅助制图系统的所有组成和功能外,它还有数据处理的功能。同时,随着电子制图系统的发展而出现的电子图集,与传统地图集相比,却有许多新的特征:以声、图文和数据多媒体集成后,把图形的直观性、数字的准确性、声音的引导性和亲切感相结合,充分利用了读者的各种感官;其查询检索和分析决策功能能够支持从地图图形到属性数据和从属性数据到图形的双向检索;图形动态变化功能又能从开窗缩放、浏览阅读等基本功能到地图动画功能、多维动画图形模拟等;同时,具有良好的用户界面又使读者介入地图的生成过程;此外,由于计算机屏幕幅面的限制和计算机潜在的计算功能及其巨大的存储能力,要求具有多级比例尺之间相互转换的制图综合功能。由于电子制图系统具有电子地图集的功能,因此它所拥有的表达与显示空间信息的功能比 GIS 系统更强。实际上,一个高档的电子制图系统通常具有

GIS 系统的所有功能,并且具有在电子媒体上应用各种不同的格式来创建、存储和表达资料信息的能力。

(3) GIS 系统与计算机科学

数据库管理系统(database management system, DBMS)的设计主要用于存储、管理和查询非空间的属性数据,并具备一些基本的统计分析功能,它是 GIS 系统有关数据操作功能的重要组成部分。但是,一般 DBMS 在处理空间数据时缺乏空间信息分析能力,而计算机辅助设计(computer aided design, CAD)能够提供数据输入、显示与表达的软件及方法,因此计算机图形理论是现代 GIS 系统的技术理论之一,计算机图形学为 GIS 系统提供了图形处理、显示的软、硬件以及技术方法。虽然目前 GIS 系统还没有充分利用人工智能的各种技术,但它提供了智能化技术系统的设计技术与方法,计算机网络技术的发展则为 GIS 系统构件化技术的形成提供了新的机遇,并为使 GIS 系统发展成为社会信息基础设施的重要组成部分奠定了基础。由此可见,计算机科学的发展对 GIS 系统的发展有着深刻的影响,人工智能的发展将促进 GIS 系统的技术进步。

(4) GIS 系统与 RS 系统

RS 系统图像处理系统包含若干复杂的解析函数,并有许多方法用于信息的增强与分类。显然,RS 系统本身的空间分析能力颇有限,并难与 DBMS 系统相连,但大地测量为 GIS 系统提供了精确定位的控制信息,尤其是全球定位系统(global positional system, GPS)可以快速、廉价地获取地表特征的数字位置信息、航空像片及其精确测量方法的应用,使得摄影测量成为 GIS 系统主要的地形数据来源。因此,作为空间数据采集手段的 RS 系统,已成为 GIS 的主要信息源与数据更新途径,同时,GIS 系统的应用又进一步支持 RS 系统信息的综合开发与利用。

(5) GIS 系统与管理信息系统

管理信息系统(management information system, MIS)在计算机硬件和软件支持下具有存储、处理、管理和分析数据能力的信息系统,如电力 MIS、人才 MIS、财务 MIS、服务业 MIS 等系统,其最大的特征是它处理的数据没有或者不包括空间特征。

但是,在传统的 MIS 系统基础上,如果以具有空间信息分析功能的 GIS 系统为支持,利用 GIS 系统的各种功能就可以实现对具有空间特征的要素进行处理分析,从而达到管理区域系统的目的,如城市交通 MIS、城市供水 MIS、节水农业 MIS、电力 MIS 等系统。

1.2 GIS 系统的特征及功能

GIS 系统作为一门新兴学科,虽然在理论上至今还没有严格统一的定义,但无

论哪种用途的 GIS 系统都具有一些共同的特征和功能。

1. GIS 系统的特征分析

(1) 共同特征

通常认为, GIS 系统的共同特征是:

- 1) GIS 系统是一个计算机软件系统。
- 2) GIS 系统是基于数据库系统或多媒体数据库系统的信息系统。
- 3) GIS 系统处理的数据是具有地理特征的空间数据,既具有统计的特征又具有空间的特征。

GIS 系统的基本功能是对空间信息及其相关的属性信息的处理,因此 GIS 系统和其他数据处理系统的主要区别就是空间信息的查询和分析,并且能够迅速而及时地更新数据库,大规模地综合与地理分布有关的信息。

(2) 与 MIS 系统不同的特征

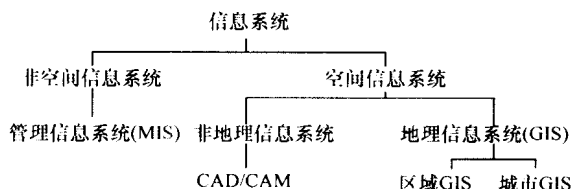


图 1.4 各种信息系统关系

在图 1.4 所示的 GIS 系统与其他信息系统的关系中,我们仅着重分析 GIS 系统与电力系统中广泛采用的管理信息系统的关系。与一般的 MIS 系统相比, GIS 系统具有以下特征:

1) MIS 系统在分析处理问题中只有属性数据库的管理,虽然存储了图形,但往往以文件形式等机械形式存储,不能进行有关空间数据的操作,如空间查询、检索、相邻分析等,更无法进行复杂的空间分析;GIS 系统在分析处理问题时,不仅使用了空间数据与属性数据,而且通过数据库管理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。

2) MIS 系统只是从局部业务出发的为自动化管理服务的管理系统,不需要空间信息分析,而只是将数据集中统一,对信息进行收集、传输、处理和使用;GIS 系统的成功应用依赖于空间信息分析模型的研究与设计,强调空间分析并通过利用空间解析式模型来分析空间数据。

3) GIS 系统的成功应用不仅取决于技术体系,而且依靠实施组成、系统管理员、技术操作员、系统开发设计者等一定的组织体系。

4) MIS 系统依赖于计算机和现代通信技术,形成预测和决策功能,面向的是

管理人员和决策人员;虽然信息技术对 GIS 系统的发展起着重要的作用,但是,人的因素在 GIS 系统的发展过程中越来越具有重要的影响作用。事实上,GIS 系统许多应用问题已经超出技术领域的范畴。

2. GIS 系统的功能分析

(1) GIS 系统功能的作用

由于 GIS 系统要对地理信息自动处理与分析,因此 GIS 系统的功能必须遍历数据采集—分析—决策应用的全部过程,并且能够回答和解决以下五类问题:

1) 位置 它可表示为地方名、邮政编码、地理坐标等,即能够回答和解决有什么的问题。

2) 条件 例如在某个地区寻找面积不小于 1000m^2 的不破坏植被且地下条件适合于电力电缆等埋设的配电站地址,即能够回答和解决符合某些条件的实体在谁里的问题。

3) 趋势 如某个工厂扩建需改变送电路径,即要回答和解决某个地方发生的某个事件及其随时间的变化过程。

4) 模式 如某一个供电区域的配电线路分布状况,即要回答和解决某个地方存在的空间实体的分布模式问题。

5) 模拟 如某一个城市住宅小区规划将架空线路改为地下电缆,即要回答和解决某个地方如果具备某种条件会发生什么的问题。

(2) GIS 系统的基本功能

由于 GIS 系统发展的多源性,其功能具有可扩充性以及应用的广泛性。Mau-guire 等按照 GIS 系统中的数据流程,将 GIS 系统的基本功能分为五类 10 种,即:采集、检验与编辑;格式化、转换、概化;存储与组织;分析;显示。

1) 数据采集、检验与编辑 它主要用于获取数据,保证 GIS 系统数据库中的数据在内容与空间上的完整性和数据值逻辑一致无错等。由于 GIS 系统数据库的建设一般占整个系统建设投资的 70% 或更多一些,因此,信息共享与自动化数据输入已成为地理信息系统研究的重要内容。目前可用于 GIS 系统数据采集的方法与技术很多,有些仅用于 GIS 系统,如手扶跟踪数字化仪等,而自动化扫描输入与 RS 系统数据的集成最为人们所关注。扫描技术的应用与改进是 GIS 系统的一个富有挑战性的课题,其中扫描数据的自动化编辑与处理仍是 GIS 系统主要研究的技术关键。

2) 格式化、转换、概化 通常将此功能称为数据操作。数据的格式化是指不同数据结构的数据间的变换,由于是一种耗时、易错、计算量大的工作,因此应尽可能避免。

数据转换包括数据格式转化和数据比例尺的变换。在数据格式的转换方式

上,从矢量到栅格的转换要比其他运算快速、简单;数据比例尺的变换涉及数据比例尺缩放、平移、旋转等方面,其中最为重要的是投影变换。虽然许多软件系统都对常见的投影进行定义,但我国采用最多的高斯-克吕格投影,在一般的 GIS 系统软件中未给予定义,因此我们在使用一些软件时,需要重新定义高斯-克吕格投影及与其他投影的变换关系。

数据概化包括数据平滑、特征集结等。目前,由于 GIS 系统所提供的数据概化功能极弱,与地图综合的要求还有很大差距,因此还需要进一步发展。

3) 数据的存储与组织 实际上这是一个数据集成的过程。该功能是建立 GIS 系统数据库的关键步骤,涉及空间数据和属性数据的组织。常用的空间数据组织方法有栅格模型、矢量模型或栅格/矢量混合模型。空间数据结构的选择在一定程度上决定了系统所能执行的数据与分析的功能。其中混合型数据结构利用了矢量与栅格数据结构的优点,被许多成功的 GIS 系统软件所采用。目前,属性数据的组织方式有层次结构、网络结构与关系数据库管理系统等,其中关系型数据库系统是目前最为广泛应用的数据库系统。

在地理数据组织与管理中,目前大多 GIS 系统都是将空间数据与属性数据分开存储,通过公共项(一般定义为地物标识码)来连接。由于这种组织方式的缺点是无法有效地记录地物在时间域上的变化属性,数据的定义与数据操作相分离,因此,时域 GIS 系统(temporary GIS)、面向对象数据库(object-oriented database)等的设计都在努力解决将空间数据和属性数据融为一体的问题。

4) 查询、检索、统计、计算功能 这是 GIS 系统以及许多其他自动化地理数据处理系统应具备的最基本的分析功能。

5) 分析功能 也是 GIS 系统与其他计算机系统的根本区别。GIS 系统最主要的分析功能是空间信息分析和模型分析:空间信息分析即是 GIS 系统的核心功能;模型分析是在 GIS 系统支持下分析和解决问题的方法体现,也是地理信息系统应用深化的重要标志。

6) 显示 GIS 系统为用户提供了多种显示地理数据的方式,既可以是计算机屏幕显示,也可以是诸如报告、表格、地图等硬拷贝图件。同时,一个好的 GIS 系统,应能提供一种良好的、交互式的制图环境,以使 GIS 系统的使用者设计和制作出具有高品质的地图。

(3) GIS 的高级功能

在 GIS 系统的分析功能中,通常把空间信息分析和模型分析称之为高级功能。由于空间模型分析尚处于初期研究阶段,这里主要介绍空间信息分析功能。

在地理学研究中,空间信息分析是引入数学的概念与方法,并从传统的方法扩展到运筹学、拓扑学等方法来提高定量分析的能力。由于 GIS 系统的空间信息分析功能可用于分析和解释地理特征间的相互关系及空间模式,因此,根本的问题是

我们要研究哪些空间分析方法是 GIS 系统中能够实现并且能够真正地改进 GIS 系统的空间信息分析能力。

事实上,在 GIS 系统应用成功的大量案例中,大多是描述 GIS 系统如何改进基本的地图制图、土地信息管理及相关现象的分析等,而惟一缺少的是对空间特征间关系能力的描述。因此,我们在研究电力 GIS 系统中应更多地关注 GIS 系统空间信息分析问题的研究,尤其是加强环境空间模拟模型的研究。

通常将 GIS 系统的空间分析分为三个不同的层次,即空间检索、空间拓扑叠加分析和空间模拟分析。

1) 空间检索 它包括从空间位置检索空间物体及其属性和从属性条件集检索空间物体。一方面,“空间索引”是空间检索的关键技术,即如何有效地从大型的 GIS 系统数据库中检索出所需信息,将直接影响 GIS 的分析能力;另一方面,空间物体的图形表达也是空间检索的重要部分。

2) 空间拓扑叠加分析 空间拓扑叠加分析本质是空间意义上的布尔运算,它可以实现输入特征的属性的合并以及特征属性在空间上的连接。目前,人们认为空间拓扑叠加分析是 GIS 系统中独特的空间分析功能。同时必须指出,矢量系统的空间拓扑叠加需要进行大量的几何运算,并在叠加过程中会产生许多小而无用的伪多边形(silver polygon),其属性组合不合理,因此伪多边形的产生是多边形矢量叠加的主要问题。

3) 空间模拟分析 到目前为止,GIS 系统的空间模拟分析还处于研究阶段,多数研究工作着重于如何将 GIS 系统与空间模型分析相结合。

目前的研究工作可分为三类:一类是 GIS 系统外部的空间模型分析,即将 GIS 系统当作一个通用的空间数据库,而空间模型分析功能则借助于其他软件;第二类是 GIS 系统内部的空间模型分析,即试图利用 GIS 系统软件来提供空间分析模块以及发展适用于问题解决模型的宏语言,它一般基于空间分析的复杂性与多样性,易于理解和应用,但由于 GIS 系统软件所能提供空间分析功能极为有限,这种紧密结合的空间模型分析方法在实际 GIS 系统的设计中较少使用;第三类是混合型的空间模型分析,其宗旨在于尽可能地利用 GIS 系统所提供的功能,同时也充分发挥 GIS 系统使用者的能动性。

1.3 GIS 系统的空间信息分析

GIS 系统的核心功能之一是利用空间信息分析技术,通过对原始数据模型的观察和实验,用户可以获得新的经验和知识,并以此作为空间行为的决策依据。空间信息分析在地理数据的应用作用主要包括空间信息量算、空间信息分类、空间信息叠加、网络分析、邻域分析、空间信息统计分析等。