

第 1 章 绪 论

当今信息技术突飞猛进，信息产业获得空前发展，信息资源呈爆炸式扩张。多尺度、多类型、多时态的地理信息是人类研究和解决土地、环境、人口、灾害、规划、建设等重大问题时所必需的重要信息资源，是信息高速公路上的重要列车。信息时代对信息资源的采集、管理、分析提出了更高的要求。系统论、信息论、控制论的形成，计算机技术、通信技术、人造卫星遥感等空间技术、自动化技术的应用，为信息资源的科学管理展示出更加广阔的前景。地理信息系统是在上述学科不断发展的历史背景下产生的，它是一门集计算机科学、信息科学、现代地理学、测绘遥感学、环境科学、城市科学、空间科学和管理科学为一体的新兴边缘学科。地理信息系统的迅速发展不仅为地理信息现代化管理提供了契机，而且有利于其他高新技术产业的发展。

1.1 地理信息系统的基本概念

1.1.1 信息与数据

信息是现实世界在人们头脑中的反映。人们用数字、文字、符号、语言、图形、影像、声音等把它记录下来，进行交流、传递或处理。信息向人们提供关于现实世界各种事实的知识。例如，一个人的存在，可以用姓名、性别、年龄、籍贯、政治面貌、社会关系、职称、工资等方面的信息来描述，当一个人的情况发生变化时，如年龄变化、工资改变、政治进步等，均可反映他的信息。因此，也可以说信息是客观事物的存在及演变情况的反映。信息具有四方面特点：① 客观性。信息是客观存在的，任何信息都是与客观事物紧密联系的，但同一信息对不同的部门来说其重要性不同。② 适用性。信息对决策是十分重要的，它可作为生产、管理、经营、分析和决策的依据，因而它具有广泛适用性。③ 传输性。信息可以在信息发送者和接受者之间传输，既包括系统把有用信息送至终端设备（包括远程终端）和以一定形式提供给有关用户，也包括信息在系统内各子系统之间的传输和交换。信息在传输、使用、交换时其原始意义不改变。④ 共享性。现代信息社会中，信息共享是最基本的特点，共享使信息被多用户使用。随着科学的进步和社会的发展，信息已经与能源、材料一样重要。各个领域对于信息应用的要求越来越高，信息是成功和胜利的保证，信息就是金钱，谁掌握了信息的脉搏，谁就是未来竞争的胜利者。

由于需要对信息进行加工、处理、管理和使用，因此就要把信息记录下来，记录信息的手段有数字、文字、符号、声音和图像等。对于计算机而言，数据是指输入到计算机并能被计算机进行处理的一切现象（数字、文字、符号、声音、图像等），在计算机环境中数据是描述实体或对象的惟一工具。数据是用以载荷信息的物理符号，没有任何实际意义，只是一种数学符号的集合，只有在其上加上某种特定的含义，它才代表某一实体或现象，这时数据才变成信息。地理信息系统的建立，首先是收集数据，然后对数据进行处理。成功的地理信息系统（GIS, Geographic Information System）必须保证数据的正确表达及数据无误差传

播。在不同阶段，数据在 GIS 处理框架中的赋存形态是不同的，同一实体在不同的 GIS 数据结构中，其描述数据表现为不同形式，甚至其数据的量值也是不同的。同一数据不同的人解释，其结果也可能不同，但必须保障正确地表达数据的语义信息，并使其在应用中能被正确地理解，以保证用户间的数据流畅通。

信息与数据是不可分离的，有着十分密切的联系，即信息是数据的内涵，是数据的内容和解释，而数据是信息的表达，也就是说数据是信息的载体，只有理解了数据的含义，对数据作出正确的解释，才能得到数据中所包含的信息。地理信息系统的建立过程就是信息（或数据）按一定方式流动的过程。通常情况下，对信息和数据可不进行严格区分，在不引起误解的情况下可以通用，如“数据处理”与“信息处理”在一般情况下有相同的含义。

1.1.2 空间数据与地图

研究自然总是从搜集个别的自然现象和物体的空间特征开始的。空间特征又称空间信息。空间信息可以从三方面来描述：位置信息、非位置信息（属性信息）和时间信息。位置信息与非位置信息彼此独立地随时间发生变化。空间数据是以点、线、面等方式采用编码技术对空间物体进行特征描述及在物体间建立相互联系的数据集。位置信息用定位数据（亦称几何数据）来记录，它反映自然现象的地理分布，具有定位的性质；非位置信息用属性数据来记录，它描述自然现象、物体的质量和数量特征。例如，地面上的山峰，可以从其所在的经度和纬度几何数据得知具体的位置，而相应地理位置上的峰顶高程数据就是属性数据；一个井泉，可以从地形图上确定它的地理坐标（几何数据），而井泉的地面高度、性质、涌水量等参数则是该井泉的一系列属性信息；地质学家研究断裂构造，一方面要搜集断层通过的确切地点，几何数据），另一方面要记录该断层在不同地点的形状、性质和它的断距（属性数据）。时间是空间物体存在的形式之一，空间和时间相互联系而不能分割，时间信息反映空间物体的时序变化及发展过程与规律，无论是几何数据还是属性数据，都是在某一时刻采集的空间信息，时间信息也可隐含在属性数据中。

空间数据的表示方法很多，空间信息的载体可以用数字形式记录在磁盘上，也可以表示成记录在纸上的地图，最常用的也是人们最习惯的方法是以地图形式来表示空间数据。地图是表示客观事物的地理分布及其相互联系的空间模型，是反映地理实体的图形，是对地理实体的简化和再现。它不仅能反映客观事物的瞬时存在，而且能反映自然界的动态变化；不仅能反映某事物独立存在的属性，而且能反映诸事物的空间分布、组合和相互联系及其在时间上的变化。地图由点、线、面组成，它们被称为地图元素。例如，地图上的点可以是矿点、采样点、高程点、地物点和城镇等；线可以是地质界线、铁路、公路、河流等；面可以是土壤类型、水体、岩石类型等。地图元素由空间参考坐标系中的位置和非空间属性加以定义，地图通常是地理数据的二维表示，但也不排除多维表示，只是三维以上的表示难以在平面上描绘出来罢了。地图的图例起着说明作用，是空间实体与非空间属性联系的关键。非空间属性可以用颜色、符号、数字、文字表示，使其明显易读，并用图例对它们进行注释。

1.1.3 地理信息与地学信息

地理信息是表征地理系统诸要素的数量、质量、分布特征、相互联系和变化规律的数字、文字、图像和图形等的总称。从地理数据到地理信息的发展，是人类认识地理事物的一次飞跃。地球表面的岩石圈、水圈、大气圈和人类活动等是最大的地理信息源。地理科学的

一个重要任务就是迅速采集地理空间的几何信息、物理信息和人为信息，并实时地识别、转换、存储、传输、再生成、显示、控制和应用这些信息。

地理信息属于空间信息，其位置的识别是与数据联系在一起的，这是地理信息区别于其他类型信息的最显著的标志。地理信息的这种定位特征，是通过经纬网或公里网建立的地理坐标来实现空间位置的识别的；地理信息还具有多维结构的特征，即在二维空间的基础上实现多专题的第三维结构，各个专题型、实体型之间的联系则通过属性码来进行，这就为地理系统各圈层之间的综合研究提供了可能，也为地理系统多层次的分析和信息的传输与筛选提供了方便。

地学信息所表示的信息范围更为广泛，它不仅来自地表，还包括地下、大气层，甚至宇宙空间。凡是与人类居住的地球有关的信息都是地学信息。地学信息具有无限性、多样性、灵活性、共享性等特点。同地球上的自然资源和能源本身不同，地学信息不但没有限度，而且会呈爆炸式地增长。地学信息是人们深入认识地球系统、适度开发资源、净化能源、保护环境的前提和保证。随着人类社会的发展，人类将从地学信息中获取更准确的预测、预报的数据，从而掌握调控人流、物质和能量的科学依据及有效途径。

1.1.4 信息系统和地理信息系统

能对数据和信息进行采集、存储、加工和再现，并能回答用户一系列问题的系统称为信息系统。信息系统的四大功能为数据采集、管理、分析和表达。信息系统是基于数据库的问答系统。在辅助决策过程中，信息系统可提供有用的信息。从计算机科学角度看，信息系统是由硬件、软件、数据和用户四个主要部分组成的。在计算机时代，大部分重要的信息系统都是部分或全部由计算机系统支持的，如目前流行的图书情报信息系统、经营信息系统、企业管理信息系统、金融管理信息系统、人事档案信息系统、空间信息系统和其他一些信息系统等。其中，空间信息系统是一种十分重要而又与其他类型信息系统有显著区别的信息系统，因为它所要采集、管理、处理和更新的是空间信息。因此，这类信息系统在结构上也比其他一般信息系统复杂得多，功能上也较其他信息系统强得多。

地理信息系统简称 GIS。关于 GIS 国内外有许多定义，不同的应用领域，不同的专业，对它的理解是不一样的，目前还没有一个完全统一的被普遍接受的定义。有人认为 GIS 是管理和分析空间数据的计算机系统，在计算机软硬件支持下，对空间数据按地理坐标或空间位置进行各种处理，完成数据输入、存储、处理、管理、分析、输出等功能，对数据实行有效管理，研究各种空间实体及其相互关系，通过对多因素信息的综合分析，可以快速地获取满足应用需要的信息，并能以图形、数据、文字等形式表示处理结果。有人认为 GIS 是一种特定而又十分重要的空间信息系统，它以采集、存储、管理、分析和描述整个或部分地球（包括大气层在内）空间和地理分布有关的数据的空间信息系统。有人认为 GIS 就是数字制图技术和数据库技术的结合。有人则按研究专业领域不同给予不同的名称，如地籍信息系统、土地信息系统、环保信息系统、管网信息系统和资源信息系统等。1987 年英国教育部（DOE）下的定义是：“GIS 是一种获取、存储、检查、操作、分析和显示地球空间数据的计算机系统”。1988 年美国国家地理信息与分析中心（NCGIA）下的定义是：“为了获取、存储、检索、分析和显示空间定位数据而建立的计算机化的数据库管理系统”。应该说，上述定义均比较科学地阐明了 GIS 的对象、功能和特点。总之，地理信息系统是在计算机软硬件支持下，以采集、存储、管理、检索、分析和描述空间物体的定位分布及与之相关的属

性数据，并回答用户问题等为主要任务的计算机系统。

1.2 地理信息系统的发展过程

1.2.1 地理信息系统的发展阶段

地理信息系统的发展是与地理学、地图学、摄影测量学、遥感技术、数学和统计科学、计算机科学以及一切与处理和分析空间数据有关的学科发展分不开的。以时间发展为序列，可分为四个阶段，20世纪60年代是起始发展阶段，70年代是发展巩固阶段，80年代是推广应用阶段，90年代是蓬勃发展阶段。

世界上第一个地理信息系统是1963年由加拿大测量学家 R.F.Tomlinson 提出并建立的，称为加拿大地理信息系统（CGIS），主要用于自然资源的管理和规划。稍后美国哈佛大学研究生部主任 Howard T.Fisher 设计和建立了 SYMAP 系统软件，由于当时计算机技术水平的限制，使得 GIS 带有更多的机助制图色彩。这一阶段很多 GIS 研究组织和机构纷纷成立，如1966年美国成立了城市和区域信息系统协会（URISA），1968年国际地理联合会（IGU）设立了地理数据收集委员会（CGDSP）。这些组织和机构的建立对传播 GIS 知识和发展 GIS 技术起着重要的指导作用。

20世纪70年代，由于计算机硬件和软件技术的飞速发展，尤其是大容量存储设备的使用，促进了 GIS 朝实用的方向发展，不同专题、不同规模、不同类型的各具特色的地理信息系统在世界各地纷纷付诸研制，美国、加拿大、英国、德国、瑞典和日本等国对 GIS 的研究均投入了大量人力、物力和财力。从1970年到1976年，美国地质调查局研发了50多个地理信息系统，用于获取和处理地质、地理、地形和水资源信息；1974年日本国土地理院开始建立数字国土信息系统，存储、处理和检索测量数据、航空像片信息、行政区划、土地利用、地形地质等信息；瑞典在中央、区域和城市三级建立了许多信息系统，如土地测量信息系统、斯德哥尔摩地理信息系统、城市规划信息系统等。这一阶段，GIS 受到政府、商业和学校的普遍重视，一些商业公司开始活跃起来，软件在市场上受到欢迎，据统计大约有300多个系统投入使用，许多大学和机构开始重视 GIS 的软件设计及应用研究，如美国纽约州立大学布法罗校区创建了 GIS 实验室，1988年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和分析中心（NCGIA）。

20世纪80年代，GIS 逐步走向成熟，并在全世界范围内全面推广，应用领域不断扩大，并与卫星遥感技术结合，开始应用于全球性的问题，如全球变化和全球沙漠化监测，全球可居住区评价，厄尔尼诺现象、酸雨、核扩散及核废料监测等。美国地质调查局应用地理信息系统对美国三里岛核泄漏事件在24小时内就作出了反应，并迅速地对核扩散进行了影响评价。20世纪80年代是 GIS 发展具有突破性的年代，仅1989年市场上有报价的软件就达70多个，并涌现出一批有代表性的 GIS 软件，如 ARC/INFO, GENAMAP, SPANS, MAPINFO, ERDAS, Microstation, SICAD, IGDS/MRS 等。其中 ARC/INFO 广泛地为世界各国地质调查部门所采用，并在区域地质调查、区域矿产资源与环境评价、矿产资源与矿权管理中发挥着越来越重要的作用。

20世纪90年代，随着地理信息产品的建立和数字化信息产品在全世界的普及，GIS 已成为确定性的产业，投入使用的 GIS 系统每2到3年就翻一番，GIS 市场的年增长率达35%

以上，从事 GIS 的厂家已超过一千家。GIS 已渗透到各行各业，涉及千家万户，成为人们生产、生活、学习和工作中不可缺少的工具和助手。

1.2.2 地理信息系统在我国的发展

1. 我国地理信息系统发展简史

地理信息系统的研制与应用在我国起步较晚，虽然历史较短，但发展势头迅猛。GIS 在中国的发展可分为三个阶段。第一阶段从 1970 年到 1980 年，为准备阶段，主要进行舆论准备，正式提出倡议，开始组建队伍，培训人才，组织个别实验研究。机助制图和遥感应用，为 GIS 的研制和应用做了技术上和理论上的准备。第二阶段从 1981 年到 1985 年，为起步阶段，完成了技术引进、数据规范和标准的研究、空间数据库的建立、数据处理和分析算法及应用软件的开发等，对 GIS 进行了理论探索和区域性的实验研究。在全国大地测量和数字地面模型建立的基础上，建成了 $1:100 \times 10^4$ 国土基础信息系统和全国土地信息系统， $1:400 \times 10^4$ 全国资源和环境信息系统， $1:250 \times 10^4$ 水土保持信息系统。第三个阶段从 1986 年到现在，为初步发展阶段，我国 GIS 的研究和应用进入有组织、有计划、有目标的阶段，逐步建立了不同层次、不同规模的组织机构、研究中心和实验室。中国科学院于 1985 年开始筹建国家资源与环境系统实验室，它是一个新型的开放性研究实验室。1994 年中国 GIS 协会在北京成立。GIS 研究逐步与国民经济建设和社会生活需求相结合，并取得了重要进展和实际应用效益。主要表现在四个方面：① 制定了国家地理信息系统规范，解决信息共享和系统兼容问题，为全国地理信息系统的建立做准备。② 应用型 GIS 发展迅速。③ 在引进的基础上扩充和研制了一批软件。④ 开始出版有关地理信息系统理论、技术和应用等方面的书籍，并积极开展国际合作，参与全球性地理信息系统的讨论和实验。1992 年 10 月联合国经济发展部（UNDESD）在北京召开了城市 GIS 学术讨论会，对指导、协调和推动我国 GIS 发展起了重要的作用。目前国内开发出的比较流行的 GIS 软件有：中国地质大学的 MAPGIS、北京大学的 Citystar、武汉大学的 Geostar、中国林业科学研究院的 VIEWGIS 等，这些国产 GIS 软件的出现打破了国外 GIS 软件对我国市场的垄断，开创了用计算机编制地学图件的新时代，它们必将对搞活我国的国民经济、提高我国综合国力起到积极的推动作用。

2. 国产 GIS 软件 MAPGIS 介绍

自 20 世纪 80 年代以来，在地矿部的大力支持下，中国地质大学武汉信息工程学院以吴信才教授为首的科研小组，在十几年数字制图软件开发的基础上，开展了 GIS 软件开发以及 GIS 应用系统的研究工作，并成立了武汉中地信息工程有限公司。

武汉中地信息工程有限公司是我国从事 GIS 研究与开发的高新技术企业，也是国内 GIS 行业的知名企业，现有一百多位高级人才。中地公司以中国地质大学为技术依托，以我国著名地理信息系统专家、长江学者奖励计划首批特聘教授吴信才为技术核心，先后承担了国土资源部“八五”科技攻关项目、国家“九五”重中之重科技攻关项目、科技部 2000 年国家火炬计划、国家中小企业创新基金项目等十多个国家级研究开发计划。率先研制成功中国第一套彩色地图编辑出版软件 MAPCAD，彻底改变了千百年来繁杂的手工制图状况，引起了我国传统地图出版行业的重大变革，并荣获国家科技进步二等奖。研制出的具有自主知识产权的 GIS 软件平台 MAPGIS，打破了长期以来国外 GIS 软件一统天下的局面，在国家科委主持的一年一度的全国 GIS 国产软件综合测评中，连续多年保持全国第一，成为国家科委向全国推荐的惟一国产 GIS 基础软件。

MAPGIS 支持地矿、地理、通信、电力、供水、测绘、水利、石油、煤炭、铁道、交通、城建、规划、土地管理、环保等各部门的业务，中地公司以 MAPGIS 为基础平台，已开发出城市规划信息系统、通信网络地理信息系统、供水管网信息系统、燃气管网信息系统、综合管网信息系统、电力配网地理信息系统、地籍管理信息系统、土地管理信息系统、GPS 导航监控系统、辅助作战指挥系统、环保监测信息系统、县级土地利用数据库管理系统等一系列工程应用系统，为相关部门的科学管理、规划决策、科研生产带来了巨大的社会效益和经济效益。

目前，中地公司已累计销售软件上万套，拥有几千个 MAPGIS 客户，遍及包括香港特别行政区、台湾地区在内的全国各省、自治区、直辖市的众多行业和部门，并已进入日本、朝鲜等海外市场，产生直接经济效益上亿元。公司已建立起全国性营销网络，现有代理商和分公司 30 多个，在全国建立了 100 多个规模较大的制图中心，公司先后承接 GIS 工程项目几百项，为相关行业和部门创造了良好的经济效益。

1.3 地理信息系统与其他相关学科系统间的关系

1.3.1 GIS 与地图学

GIS 是以地图数据库（主要来自地图）为基础，其最终产品之一也是地图，因此它与地图有着极密切的关系，两者都是地理学的信息载体，同样具有存储分析和显示的功能。由地图学发展到地图学与 GIS 相结合，这是科学发展的规律，GIS 是地图学在信息时代的发展。关于 GIS 与地图学的关系问题，存在不少观点，其作者有地图专家，也有以遥感、摄影测量或其他专业为背景的 GIS 专家。一种观点认为：“GIS 脱胎于地图”，“GIS 是地图学的继续”，“GIS 是地图学的一部分”，“GIS 是数字的或基于可视化地图的地理信息系统”等；另一种观点认为：“地图学是 GIS 的回归母体”，“地图是模拟的 GIS”；“地图是 GIS 的一部分”等。英国 S.Caetari 认为“GIS 是一种把各系统发展中的一些学科原理综合起来的独特技术，作为其中一部分的地图学，不仅提供一体化的框架和数据，而且提供了目标、知识、原理和方法”。把地图学和 GIS 加以比较可以看出，GIS 是地图学理论、方法与功能的延伸，地图学与 GIS 是一脉相承的，它们都是空间信息处理的学科，只不过地图学强调图形信息传输，而 GIS 则强调空间数据处理与分析，地图学与 GIS 之间的联系是通过地图可视化工具与它们的潜力来增加 GIS 的数据综合和分析能力。

1.3.2 GIS 与一般事务数据库

GIS 离不开数据库技术。数据库技术主要是通过属性来管理和检索，其优点是有效的存储和管理，查询和检索方便，但数据表示不直观，不能描述图形的拓扑关系，一般没有空间概念，即使存储了图形，也只是以文件形式管理，图形要素不能分解查询。GIS 能处理空间数据，其工作过程主要是处理空间实体的位置关系、空间关系及空间实体的属性。例如，电话查号台可看做一个事务数据库系统，它只能回答用户所询问的电话号码，而通信信息系统除了可查询电话号码外，还可提供电话用户的地理分布、空间密度、最近的邮电局等信息。

1.3.3 GIS 与计算机地图制图

早在 18 世纪，欧洲一些国家就开始系统地绘制本国地形图。20 世纪六七十年代期间，空间数据主要应用于资源调查、土地评价和规划等领域，各学科领域的科学家们认识到地表各特征之间的相互联系、相互影响这一事实后，开始寻找一种综合多学科、多目标的调查分析方法来评价地表特征，因而产生了面向特殊目的的专题图件。20 世纪 60 年代，计算机的出现打破了传统的制图方式，使地球资源的量化分析和评价有了质的发展，地图要素被量化成简单的数字后，可以很方便地用计算机给予定性、定量及定位分析，进而可用颜色、符号和文字说明完整地表达实体，因此产生了计算机地图制图技术。20 世纪 70 年代后期，由于计算机硬件持续发展，计算机地图制图的历程向前迈进了一大步。20 世纪 80 年代，美国地质调查研究所制定了旨在实现地图制图现代化的计划，它的任务是大规模地扩充和改进地图数字化设备，制订数据库信息交换标准，提高地图修编能力，改革传统的制图工艺，形成现代化数字制图流程。计算机地图制图技术的发展对 GIS 的产生起了有力的促进作用，GIS 的出现反过来又为地图制图提供了现代化的先进技术手段，它必将引起地图制图过程的深刻变化，成为现代地图制图的主要手段。GIS 应用于地图制图，可实现地图图形数字化，建立图形和属性两类数据相结合的数据库。但 GIS 系统不同于计算机地图制图，计算机地图制图主要考虑可视材料的显示和处理，考虑地形、地物和各种专题要素在图上的表示，并且以数字形式对它们进行存储、管理，最后通过绘图仪输出地图；计算机地图制图系统强调的是图形表示，通常只有图形数据，不太注重可视实体具有或不具有的非图形属性，而这种属性却是地理分析中非常有用的数据。GIS 既注重实体的空间分布又强调它们的显示方法和显示质量，强调的是信息及其操作，不仅有图形数据库，还有非图形数据库，并且可综合两者的数据进行深层次的空间分析，提供对规划、管理和决策有用的信息。数字地图是 GIS 的数据源，也是 GIS 的表达形式，计算机地图制图是 GIS 的重要组成部分。

1.3.4 GIS 与计算机辅助设计 (CAD)

CAD 主要用来代替或辅助工程师们进行各种设计工作，它可绘制各种技术图形，大至飞机，小至微芯片等，也可与计算机辅助制造 (CAM) 系统共同用于产品加工中的实时控制。GIS 与 CAD 系统的共同特点是两者都有空间坐标，都能把目标和参考系统联系起来，都能描述图形数据的拓扑关系，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，它的图形功能尤其是三维图形功能极强，属性库功能相对要弱，采用的一般是几何坐标系。而 GIS 处理的多为自然目标，有分维特征（海岸线、地形等高线等），因而图形处理的难度大，GIS 的属性库内容结构复杂，功能强大，图形属性的相互作用十分频繁，且多具有专业化特征，GIS 采用的多是大地坐标，必须具有较强的多层次空间叠置分析功能，GIS 的数据量大，数据输入方式多样化，所用的数据分析方法具有专业化特征。因此一个功能较全的 CAD，并不完全适合于完成 GIS 的任务。

1.4 地理信息系统的组成

地理信息系统主要由四部分组成，即计算机硬件系统、计算机软件系统、地理空间数据和系统开发、管理与使用人员。

1.4.1 计算机硬件系统

地理信息系统的建立必须有一个计算机硬件系统。能满足地理信息系统运行的硬件设备可简可繁，按用户的要求及系统所要完成的任务和目的，其规模可大可小，一般可以有四种配置情况，其主要硬件组成如图 1.1 所示。

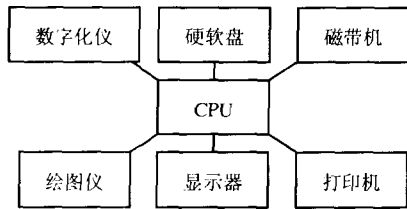


图 1.1 地理信息系统的主要硬件组成

1. 简单型配置

最简单的硬件系统只需要中央处理器、图形终端、磁盘驱动器和磁盘，再加上一台打印机即可运行。中央处理器（CPU）的任务是完成运算、处理、协调和控制计算机各个部件的运行，图形终端主要用做显示、监视和人机交互操作，如编辑、删改、增加、更新图形数据等。为了存储要处理的数据和程序，也为

了存储运算的中间结果及处理后的结果，计算机必须有磁盘驱动器，配置一定的内存和硬盘。一般的地理信息系统要求有足够的内存和硬盘空间，例如美国环境系统研究所（ESRI）研制的 ARC/INFO 8.0，其最低要求是内存必须大于 64 MB，硬盘必须大于 4 GMB，否则软件很难工作中国地质大学开发的 MAPGIS，其最低要求是内存必须大于 32 MB，硬盘必须大于 420 MB 打印机主要用于打印图表、图像、数据和文字报告以及提供硬拷贝的输出结果。

简单型配置适用于家庭、办公室等环境，完成较简单的工作，如数据处理、查询、检索和分析等。由于输入输出的外围设备不完善，只能用键盘输入各种数据，或者先在别的系统上完成输入数据的工作，然后通过软盘做媒介，将数据调入这个系统的磁盘再进行其他运算。由于简单型配置的系统功能较少，因而在数据输入的种类、数据量、数据更新及成果输出等方面都会受到诸多限制。

2. 基本型配置

这种硬件系统的配置规模比简单型配置要大一些。除了中央处理器、磁盘驱动器、磁盘、图形终端和打印机外，需要配置数字化仪和绘图仪等。数字化仪是地理信息系统硬件中的重要输入设备。它可以利用光标或光笔人工跟踪图形，将各种地图数字化并送入磁盘存储。绘图仪主要用于输出各种图件。

基本型硬件系统配置解决了地图的数字化输入和专题地图的输出问题。这种系统有条件完成 GIS 任务，能比较顺利地进行空间数据的输入、输出、查询、检索、运算、更新和分析等工作。当然，系统中主机的内存和硬磁盘空间还应适当增大，以确保大量地图数据的存储、处理和运算。

3. 扩展型配置

为了克服一般的 GIS 中不能输入图像数据的缺点，在上述的基本硬件配置基础上增加一个图像处理子系统，即可以建立一个扩展型的地理信息系统。图像处理子系统应包括 1 至 2 台磁带机、光盘机，1 台视频终端和高分辨率彩色监视器。如果经费充足，还可增设图像扫描输入和影像输出设备。磁带机的用处是便于直接输入 CCT（计算机兼容磁带）遥感数据。视频终端和高分辨率彩色监视器可用于处理和显示遥感图像，然后送入 GIS 与图形数据一并进行分析。图像扫描输入输出设备比较昂贵，但它可以直接进行模/数转换或数/模转换，即可将照片或图像变成可供计算机直接处理的数字图像形式，又可将数字图像转变为照相底片，经洗印和放大后做成影像供专业人员分析使用。

扩展型的硬件系统配置功能比较齐全，能输入、处理和输出各种类型的数据，完成一般系统不能完成的工作，实现遥感和 GIS 的综合处理。因此它是 GIS 进行复杂运行处理的有力保证。

4. 网络型配置

这种配置能实现 GIS 联网，计算机主机和外围设备既可以自成系统，又可以与其他计算机系统连接；既能使输入的数据或输出的数据供多用户共享，又能充分发挥各种计算机及其外围设备的作用，实现设备共享。这样既减少了设备浪费，节省了资金，又提高了工作效率。

GIS 联网是一种比较理想的方案，也是发展趋势，但对网络设备及基础条件要求过高，有些单位目前实现还有困难。

1.4.2 计算机软件系统

计算机软件系统是指地理信息系统运行所必须的各种程序及有关资料。主要包括计算机系统软件、地理信息系统软件和应用分析软件三部分。

1. 计算机系统软件

它是由计算机厂家提供的为用户开发和提供使用计算机提供方便的程序系统。通常包括操作系统、汇编程序、编译程序、库程序、数据库管理系统以及各种维护手册。

2. 地理信息系统软件

地理信息系统软件应包括 5 类基本模块（见图 1.2），即下述诸子系统：数据输入和校验、数据存储和管理、数据变换、数据输出和表示、用户接口等。

（1）数据输入和校验：包括能将地图数据、遥感数据、统计数据 and 文字报告转换成计算机兼容的数字形式的各种转换软件（见图 1.3）。

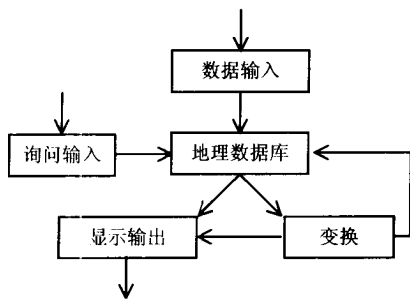


图 1.2 地理信息系统的主要软件组成

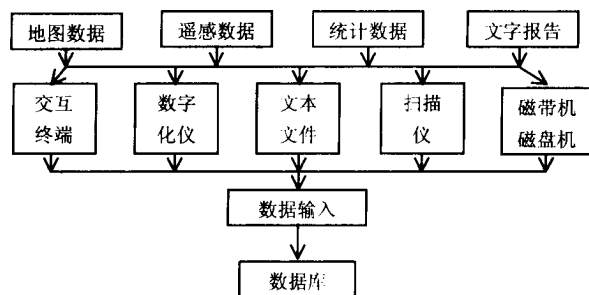


图 1.3 数据输入

许多计算机工具都可用于输入，例如人机交互终端（键盘与显示器）、数字化仪、扫描仪（卫星或飞机上直接记录数据，或用于地图或航片的扫描仪）以及磁带、磁盘、磁鼓上读取数字或数据的装置等。数据校验是通过观测、统计分析和逻辑分析检查数据中存在的错误，并通过适当的编辑方式加以改正。事实上数据输入和校验都是建立地理数据库必需的过程。

（2）数据存储和管理：数据存储和数据库管理（见图 1.4）涉及地理元素（表示地表物体的点、线、面）的位置、连接关系以及属性数据如何构造和组织，使其便于计算机和系统用户理解。用于组织数据库的计算机程序，称为数据库管理系统（DBMS）。地理数据库包括数据格式的选择和转换、数据的查询、提取等。

(3) 数据变换：包括两类操作，一是变换的目的是从数据中消除错误，更新数据，与其他数据库匹配等；二是为回答 GIS 提出的问题而采用的大量数据分析方法，如图 1.5 所示。空间数据和非空间数据可单独或联合进行变换运算。比例尺变换、数据和投影匹配（投影变换）、数据的逻辑检索、面积和边长计算等，都是 GIS 一般变换的特征。其他一些变换可以偏重于专业应用，也可以将数据合并到一个只满足特定用户需要的专门化 GIS 系统。

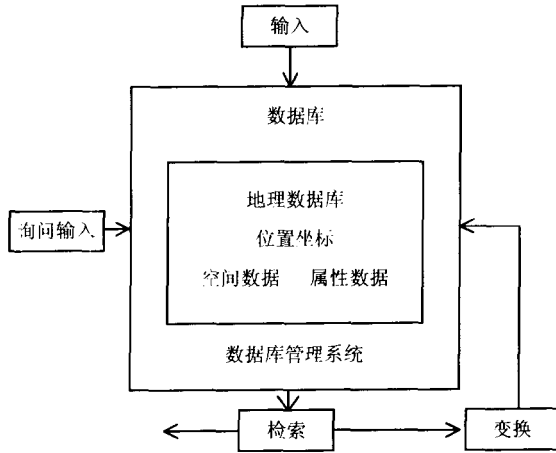


图 1.4 地理数据库的组成

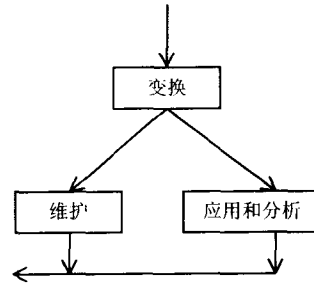


图 1.5 数据变换

(4) 数据显示与输出：是指原始数据或分析、处理结果数据的显示和向用户输出。数据以地图、表格、图像等多种形式表示。可以在屏幕上显示，或通过打印机、绘图仪输出，也可以以数字形式记录在磁介质上，如图 1.6 所示。

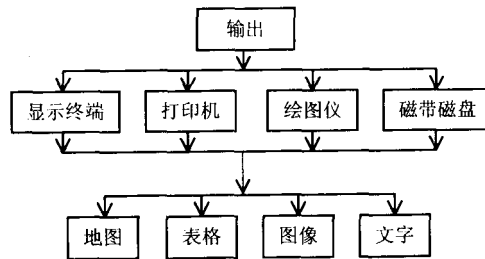


图 1.6 数据输出

(5) 用户接口模块：用于接收用户的指令和程序或数据，是用户和系统交互的工具，主要包括用户界面、程序接口与数据接口。由于地理信息系统功能复杂，且用户又往往为非计算机专业人员，因此用户界面（或人机界面）是地理信息系统应用的重要组成部分，它通过菜单技术、用户询问语言的设置，还可采用人工智能的自然语言处理技术与图形界面等技术，提供多窗口和光标或鼠标选择菜单等控制功能，为用户发出操作指令提供方便。该模块还随时向用户提供系统运行信息和系统操作帮助信息，这就使地理信息系统成为人机交互的开放式系统。而程序接口和数据接口可分别为用户连接各自特定的应用程序模块和使用非系统标准的数据文件提供方便。

3. 应用分析软件

应用分析软件是指系统开发人员或用户根据地理专题或区域分析的模型编制的用于某

种特定应用任务的程序，是系统功能的扩充和延伸。应用程序作用于地理专题数据或区域数据，构成 GIS 的具体内容，这是用户最为关心的真正用于地理分析的部分，也是从空间数据中提取地理信息的关键。用户进行系统开发的大部分工作是开发应用程序，而应用程序的水平在很大程度上决定系统实用性的优劣和成败。

1.4.3 地理空间数据

在计算机环境中，数据是描述地理对象的惟一工具，它是计算机可直接识别、处理、储存和提供使用的手段，是一种计算机的表达形式。地理空间数据是 GIS 的操作对象，是 GIS 所表达的现实世界经过模型抽象的实质性内容，地理空间数据实质上就是指以地球表面空间位置为参照，描述自然、社会和人文经济景观的数据，主要包括数字、文字、图形、图像和表格等。这些数据可以通过数字化仪、扫描仪、键盘、磁带机或其他系统输入 GIS，数据资料和统计资料主要是通过图数转换装置转换成计算机能够识别和处理的数据。图形资料可用数字化仪输入，图像资料多采用扫描仪输入，由图形或图像获取的地理空间数据以及由键盘输入或转储的地理空间数据，都必须按一定的数据结构将它们进行存储和组织，建立标准的数据文件或地理数据库，才便于 GIS 对数据进行处理或提供用户使用。

4.4 系统开发、管理和使用人员

人是地理信息系统中的重要构成因素，GIS 不同于一幅地图，而是一个动态的地理模型，仅有系统软硬件和数据还构不成完整的地理信息系统，需要人进行系统组织、管理和维护以及数据更新、系统扩充完善、应用程序开发，并采用地理分析模型提取多种信息。

地理信息系统必须置于合理的组织联系中（见图 1.7）。如同生产复杂产品的企业一样，组织者要尽量使整个生产过程形成一个整体。要做到这些，不仅要在硬件和软件方面投资，还要在适当的组织机构中重新培训工作人员和管理人员方面投资，使他们能够应用新技术。近年来，硬件设备连年降价而性能则日趋完善与增强，但有技能的工作人员及优质廉价的软件仍然不足，只有在对 GIS 合理投资与综合配置的情况下，才能建立有效的地理信息系统。

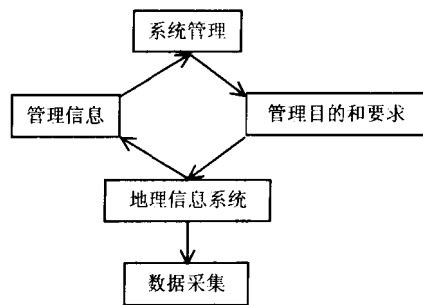


图 1.7 地理信息系统组织状况

1.5 地理信息系统的功能和应用

1.5.1 地理信息系统的功能

在建立一个实用的地理信息系统过程中，从数据准备到系统完成，必须经过各种数据转换，每个转换都有可能改变原有的信息。地理信息系统的基本数据流程如图 1.8 所示。地理信息系统的功能主要是完成流程中不同阶段的数据转换工作。一般的 GIS 包括以下几项基本功能。

1. 数据采集与输入

数据采集与输入，即在数据处理系统中将系统外部的原始数据传输给系统内部，并将

这些数据从外部格式转换为系统便于处理的内部格式的过程。对多种形式、多种来源的信息，可实现多种方式的数据输入。主要有图形数据输入（如管网图的输入）、栅格数据输入（如遥感图像的输入）、测量数据输入（如全球定位系统 GPS 数据的输入）和属性数据输入（如数字和文字的输入）。

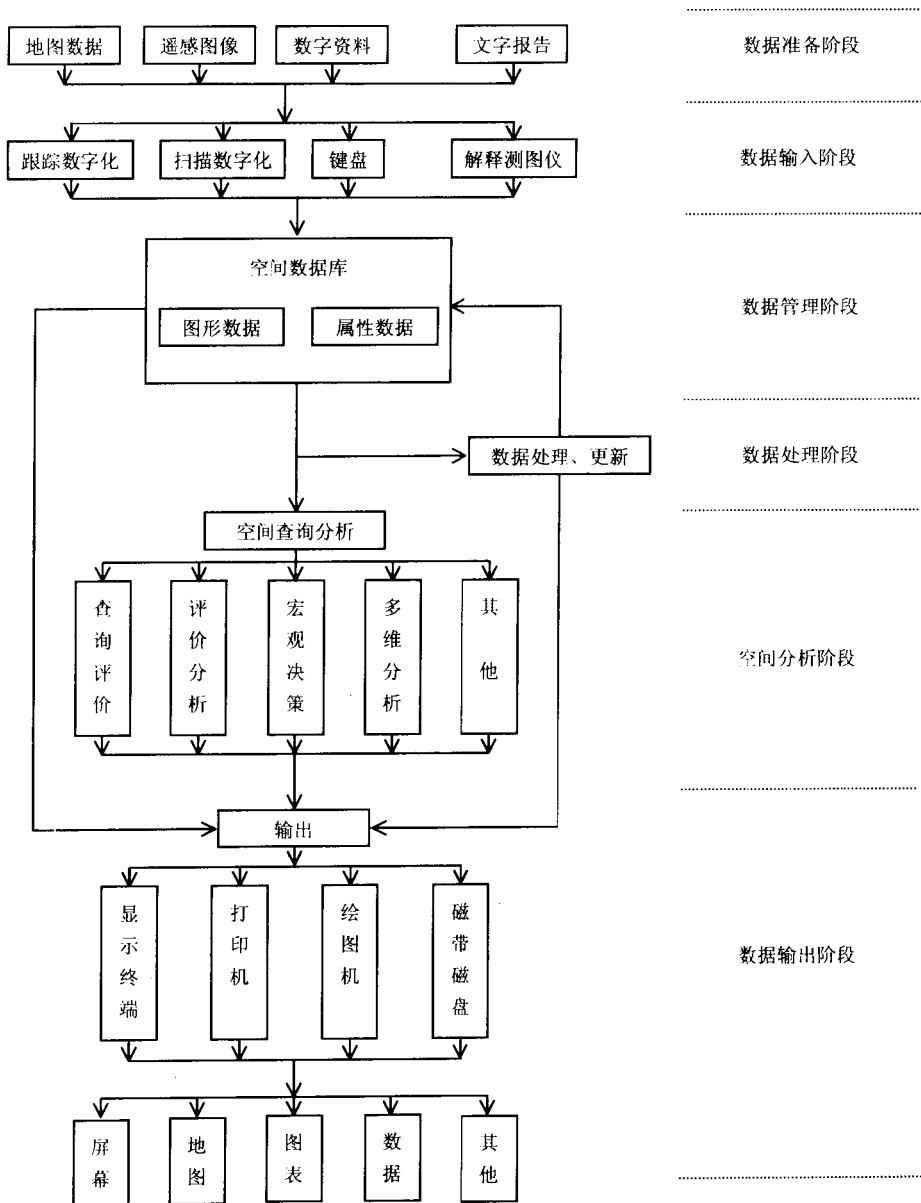


图 1.8 GIS 数据流程

2. 数据编辑与更新

数据编辑主要包括图形编辑和属性编辑。属性编辑主要与数据库管理结合在一起完成，图形编辑主要包括拓扑关系建立、图形编辑、图形整饰、图幅拼接、图形变换、投影变换、误差校正等功能。数据更新即以新的数据项或记录来替换数据文件或数据库中相对应的数据项或记录，它是通过删除、修改、插入等一系列操作来实现的。由于空间实体都处于发展着

的时间序列中，人们获取的数据只反映某一瞬时或一定时间范围内的特征。随着时间的推移，数据会随之改变。数据更新可以满足动态分析的需要，对自然现象的发生和发展作出合乎规律的预测预报。

3. 数据存储与管理

数据存储，即将数据以某种格式记录在计算机内部或外部存储介质上。其存储方式与数据文件的组织密度相关，关键在于建立记录的逻辑顺序，即确定存储的地址，以便提高数据存取的速度。属性数据管理一般直接利用商用关系数据库软件，如 ORACLE, SQL Server, FoxBase, FoxPro 等进行管理。空间数据管理是 GIS 数据管理的核心，各种图形或图像信息都以严密的逻辑结构存放在空间数据库中。

4. 空间查询与分析

空间查询与分析是 GIS 的核心，是 GIS 最重要的和最具有魅力的功能，也是 GIS 有别于其他信息系统的本质特征。它主要包括数据操作运算、数据查询检索与数据综合分析。数据查询检索即从数据文件、数据库或存储装置中，查找和选取所需的数据，是为了满足各种可能的查询条件而进行的系统内部数据操作，如数据格式转换、矢量数据叠合、栅格数据迭加等操作以及按一定模式关系进行的各种数据运算，包括算术运算、关系运算、逻辑运算、函数运算等。综合分析功能可以提高系统评价、管理和决策的能力，主要包括信息量测、属性分析、统计分析、二维模型分析、三维模型分析及多要素综合分析等。

5. 数据显示与输出

数据显示是中间处理过程和最终结果的屏幕显示，通常以人机交互方式来选择显示的对象与形式，对于图形数据根据要素的信息量和密集程度，可选择放大或缩小显示。GIS 不仅可以输出全要素地图，还可以根据用户需要，分层输出各种专题图、各类统计图、图表及数据等。

1.5.2 地理信息系统的应用

1. 资源清查

资源清查是地理信息系统最基本的职能，其主要任务是将各种来源的数据汇集在一起，并通过系统的统计和覆盖分析功能，按多种边界和属性条件，提供区域多种条件组合形式的资源统计和进行原始数据的快速再现。以土地利用类型为例，可以输出不同土地利用类型的分布和面积、按不同高程带划分的土地利用类型、不同坡度区内的土地利用现状以及不同类型的土地利用变化等，为资源的合理利用、开发和科学管理提供依据。又如中国西南地区国土资源信息系统，设置了三个功能子系统，即数据库系统、辅助决策系统和图形系统，存储了 1500 多项 300 多万个资源数据。该系统提供了西南地区的一系列资源分析与评价模型、资源预测预报及资源合理开发配置模型。该系统可绘制草场资源分布图、矿产资源分布图、各地县产值统计图、农作物产量统计图、交通规划图及重大项目规划图等不同的专业图。

2. 城乡规划

城乡规划中要处理许多不同性质和不同特点的问题，它涉及资源、环境、人口、交通、经济、教育、文化和金融等多个地理变量和大量数据。地理信息系统的数据库管理有利于将这些数据信息归并到同一系统中，最后进行城市与区域多目标的开发和规划，包括城镇总体规划、城市建设用地适宜性评价、环境质量评价、道路交通规划、公共设施配置以及城市环境的动态监测等。这些规划功能的实现，是以地理信息系统的空间搜索方法、多种信息的叠

加处理和一系列分析软件（回归分析、投入产出计算、模糊加权评价、系统动力学模型等）加以保证的。我国大城市数量居世界前列，根据加快中心城市规划和加强城市建设决策科学化的要求，利用地理信息系统作为城市规划管理和分析的工具，具有十分重要的意义。

3. 灾害监测

借助遥感遥测数据，利用地理信息系统，可以有效地用于森林火灾的预测预报、洪水灾情监测和洪水淹没损失的估算，为救灾抢险和防洪决策提供及时准确的信息。例如据我国大兴安岭地区的研究，通过普查分析森林火灾实况，统计分析十几万个气象数据，从中筛选出气温、风速、降水、温度等气象要素、春秋两季植被生长情况和积雪覆盖程度等 14 个因子，用模糊数学方法建立数学模型，建立的微机信息系统多因子综合指标森林火险预报方法，对预报火险等级的准确率可达 73% 以上。又如黄河三角洲地区防洪减灾信息系统，在 ARC/INFO 地理信息系统软件支持下，借助于大比例尺数字高程模型，加上各种专题地图如土地利用、水系、居民点、油井、工厂和工程设施以及社会经济统计信息等，通过各种图形叠加、操作、分析等功能，可以计算出若干个泄洪区域及其面积，比较不同泄洪区域内的土地利用、房屋、财产损失等，最后得出最佳的泄洪区域，并制定整个泄洪区域内的人员撤退、财产转移和救灾物资供应等的最佳运输路线。

4. 土地调查

土地调查包括土地的调查、登记、统计、评价和使用等。土地调查的数据涉及土地的位置、房地界、名称、面积、类型、等级、权属、质量、地价、税收、地理要素及其有关设施等项内容。土地调查是地籍管理的基础工作，随着国民经济的发展，地籍管理工作的重要性正变得越来越明显，土地调查的工作量变得越来越大，以往传统的手工方法已经不能胜任，地理信息系统为解决这一问题提供了先进的技术手段，借助理信息系统可以进行地籍数据的管理、更新，开展土地质量评价和经济评价，输出地籍图，同时还可以为有关的用户提供所需的信息，为土地的科学管理和合理利用提供依据。因此，它是地理信息系统的重要应用领域。

5. 环境管理

随着经济的高速发展，环境问题愈来愈受到人们的重视，环境污染、环境质量退化已经成为制约区域经济发展的主要因素之一。环境管理涉及人类社会活动和经济活动的一切领域，传统的环境管理方式已不断受到挑战，逐渐落后于我国经济发展的要求。为提高我国环境管理的现代化水平，很多新型的环境管理信息系统不断建成，从 1994 年下半年起，在国家环保局的统一领导下，进行了覆盖 27 个省的中国省级环境信息系统（PEIS）建设。一般来说，一个环境管理信息系统应具备以下功能：

(1) 为环境部门提供数据和信息的基础数据库应包括环境背景数据库、环境质量数据库、污染源数据库、环境标准数据库和环境法规数据库等。

(2) 提供环境现状、环境影响及环境质量的统计、评价、预测和规划模块。

(3) 为环境与经济持续发展、环境综合治理提供决策支持。

(4) 为实现面向污染源的污染控制管理提供支持，以实现排污收费、排污许可证制度的管理及排污申报管理。

(5) 提供环境管理的数据录入、统计、查询、报表和图形编制方法。

(6) 提供环保部门办公软件。

(7) 提供信息传输方法和手段。

6. 城市管网

城市管网包括供水、排水、供电、供气及电缆系统等，管网是城市居民日常生活不可缺少的基本条件，GIS 能够建立二维矢量拓扑关系，特别是其网络分析功能，为城市管网的设计管理和规划建设提供了强有力的工具。GIS 用于城市管网，将会对市民的日常生活方式产生深刻的影响。

7. 作战指挥

军事领域中运用 GIS 技术最成功的例子当属 1991 年海湾战争。美国国防制图局战场 GIS 实时服务，为战争需要，在工作站上建立了 GIS 与遥感的集成系统，它能用自动影像匹配和自动目标识别技术处理卫星和高低空侦察机实时获得的战场数字影像，及时地（不超过 4 小时）将反映战场现状的正射影像图叠加到数字地图上，并将数据直接传送到海湾前线指挥部和五角大楼，为军事决策提供 24 小时的实时服务。通过利用 GPS（全球定位系统）GIS、RS（遥感）等高新尖端技术迅速集结部队及武器装备，以较低的代价取得了极大的胜利。

8. 宏观决策

地理信息系统利用拥有的数据库，通过一系列决策模型的构建和比较分析，可为国家宏观决策提供依据。例如系统支持下的土地承载力的研究，可以解决土地资源与人口容量的规划。我国在三峡地区研究中，通过利用地理信息系统和机助制图的方法，建立的环境监测系统，为三峡宏观决策提供了建库前后环境变化的数量、速度和演变趋势等可靠的数据。美国伊利诺斯州某煤矿区由于采用房柱式开采，引起地面沉陷。为了避免沉陷对建筑物的破坏，减少经济赔偿和对新建房屋的破坏，煤矿公司通过对该煤矿地理信息系统数据库中岩性、构造及开采状况等数据的分析研究，利用图形叠合功能对地面沉陷的分布和塌陷规律进行了分析和预测，指出了地面建筑的危险地段和安全地段，为合理部署地面的房屋建筑提供了依据，取得了较好的经济效果。

1.6 地理信息系统与数字地球

数字地球一词近来风靡全球。从哲学上说，数字地球是对真实地球及其相关现象统一性的数字化重现与认识。从技术上说，是一个在全球范围内建立的一个以空间位置为主线，将信息组织起来的复杂系统，也就是全球范围的以地理位置及其相互关系为基础而组成的信息框架，并在该框架内嵌入我们所能获得的信息的总称。

数字地球在当前以工农业经济为主体的经济建设中的重大作用已初见端倪，它在农业、林业、水利、地矿、交通、通信、教育、环境、人口、城市建设等几十个领域都能产生巨大的经济效益和社会效益，比如，农作物监测和估产、土地覆盖物的识别和评价、地籍的管理和规划、灾害的模拟和预报以及监测和评估等。

作为新的凝聚全人类梦想的目标，数字地球提供了一种前所未有的认识地球的方式，它将对人类与自然的协调和平衡带来不可估量的推进作用。

1.6.1 数字地球的概念和提出的背景

数字地球是在一定经济基础和技术基础上的特定时代的产物，1992 年，美国副总统戈尔首先在《濒临失衡的地球》一书中从全球生态环境和气候变化的角度提出了这一概念，但当时并没有得到强烈的响应。6 年后，他在加利福尼亚科学中心做了题为“数字地球——认

识 21 世纪我们这个星球（ The Digital Earth: Understanding Our Planet in the 21th Century）”的报告，第一次比较系统地阐述了数字地球的概念：“我相信我们需要一个‘数字地球’，即一种可以嵌入海量地理数据、多分辨率和三维的地球表示。”这时的全球信息基础设施建设已经取得了重大进展，对地观测技术和计算机技术（尤其是计算机网络技术）有了巨大发展，科技的进步为数字地球的研究和实现提供了坚实的基础，越来越多的科研机构 and 学者把目光投向了这一领域。

数字地球是对真实地球及其相关现象统一性的数字化重现和认识，其核心思想是用数字化手段统一地处理地球问题和最大限度地利用信息资源。从内容上说，数字地球是在全球范围内建立一个以空间位置为主线，将信息组织起来的复杂系统，按地理坐标整理构建一个全球的信息模型，描述地球上每一点的全部信息，并提供有效、方便和直观的检索手段和显示手段，使每一个人都可以快速、准确、完整地了解和利用地球上各方面的信息。从这个意义上讲，数字地球就是一个全球范围内以地理位置及其相互关系为基础组成的信息框架，在该框架内嵌入我们所能获得的信息的总称。

数字地球是地理信息系统的延伸。建立数字地球所需的核心技术有地理信息系统与数据库、遥感、遥测、信息技术等。航天和遥感等技术用来完成数据的采集、处理和识别；地理信息系统和数据库技术用于完成数据的存取、检索、集成、融合、综合和分析，从而完成数字地球的核心功能；光缆、卫星通信以及计算机网络等技术则用以完成海量空间数据的传输。

1.6.2 数字地球的特点

1. 多源、多比例尺、多分辨率数据无缝集成的网络信息系统

数字地球所集成的数据是采用不同方式获得的，可以是遥感数据、航测数据、航空雷达数据、各种摄影的图像数据，还可以是数字化的地质图、地形图以及各种地球物理、地球化学数据和其他各种专业图像数据。这些栅格数据、矢量数据和相应的文本数据显然是多比例尺、多分辨率的。但在数字地球中，这些数据得以整合，形成无缝集成的数据源，它们分布式存储在多个用高速网络连接数据库中，透明地为用户提供服务。

2. 面向全社会公众开放的网络信息系统

任何技术的发展都有一个重要的目的，数字地球也不例外，它面向全社会公众开放，服务于人类的生存和发展的需要。在计算机网络技术的支撑下，从政府机关到私人公司，从科教部门到生产单位，从专业技术人员到普通社会群众，每一个人都可以按自己的需要获取、利用数字地球中存储的各种信息。

3. 虚拟现实技术支持下的多维网络信息系统

虚拟现实（ Virtual Reality ）是一项综合集成技术，它通过运用计算机图形学、传感技术、人机交互、人工智能等技术生成逼真的三维视觉、听觉和嗅觉感受，使用户可以直观自然地体验虚拟世界并与之交互。在从数字地球获得信息的多种方式中，很重要的就是虚拟现实技术支持下的逼真的三维环境，由三维数据通过人造视差的方法，构造出虚拟的立体，实现更具有真实感的交互式环境。

1.6.3 数字地球需要的支撑技术与数字地球框架

建造数字地球所需要的技术支持不是现有的 IT 工具能完全提供的，从数据的获取、更

新、处理、存储、提取、分析以及数据与信息的传播方面来看，这些支撑技术主要集中在以下 6 个方面。

1. 计算科学

高速计算机使我们可以通过科学计算和过程仿真等方法“观察”和研究上至数亿年的演变过程，下至几亿分之一秒的自然现象，实现由定性预测到定量模拟的飞跃。建造数字地球所需的计算科学支持包括计算能力和计算模型两个方面。因为单个 CPU 的处理速度存在上限，所以计算能力的实现，一方面要借助于新一代大规模并行处理器（MPP）和多服务器的集群（Cluster）等硬件技术的突破，另一方面要借助于软件分布式计算等技术的成熟。计算模型则主要是研究大气、生物、海洋、地学等领域的数字模型的建立，重大应用工程的预测和预警以及重大自然灾害的预报、监测与评估等技术。

2. 海量存储

海量数据指的是巨大的、空前浩瀚的事务性或空间数据。目前，规划、水利、地质、气象、测绘等业务部门处理的数据都是吉级即（千兆级 10^9 B），而据初步推算，一个数字化地球的数据量需要 10^{15} B 的信息，包括各种空间数据、文字描述、声音图像、统计报表等各种信息。目前人类已经积累了海量的数字地球信息数据，LANDSAT 陆地卫星两个星期就可以将全球拍摄一遍，NASA 的“行星地球计划”每天可产生 1000GB 的数据。数字地球计划把当前社会和星球的巨量原始数据转变成对社会经济生产和人类日常生活有用的信息，要高效地存储和操纵这些海量数据，就必须在海量空间数据的高速存储、压缩和处理技术，多比例尺、多时相和多源数据集成技术等方面取得实质性突破。

3. 卫星图像

自 1957 年前苏联成功地发射了第一颗人造卫星以来，航天技术作为人类探索、开发和利用太空以及地球以外天体的综合性工程技术，作为 20 世纪科学技术的重大成就之一，对人类发展的各个领域已经起到了巨大的促进作用，成为衡量国家科学技术、国民经济和国防现代化水平的重要标志之一。目前世界上有 50 多个国家参与了航天技术的开发工作而应用航天技术的国家几乎遍及全球。

卫星遥感作为数字地球空间数据的主要获取手段，目前的发展方向是高分辨率和数据的快速获取。例如，2000 年 2 月 11 日至 22 日飞行成功的美国“奋进”号航天飞机，实现了人类历史上第一次从地球轨道高度对地球表面进行雷达三维成像，它的任务是用 10 天时间拍摄南北纬 60 度之间的陆地表面：北至哈德逊湾（Hudson Bay）南至好望角（Cape Horn），覆盖面积达地球表面的 80% 人口占全球的 90% 以上，中国国土被 100% 覆盖。

美国的商业卫星系统能提供 1 m，甚至 0.3048 m 分辨率的卫星图像，实现了以前只有航空影像才能达到的精度，这就为编制数字地球所需的地图提供了足够的精度。

另外，小卫星技术可以在不到一年的时间内实现卫星设计、制造、发射和在轨运行的全过程。一颗小卫星的投资仅需 3000 万元人民币，而且在轨运行可以长达 10 年。开发周期短、所需投资少、工作时间长以及配置灵活等特点决定了小卫星具有很大的研究和应用价值。据悉，下一代的 SPOT 卫星将采用小卫星技术，从而实现在保留目前 SPOT 地球观测系统主要优点的同时，使 SPOT 卫星计划的成本降低 75%。

4. 宽带网络

数字地球中的不同来源和不同应用目的的多媒体海量数据，不能存放在单一的数据库中，只能分布式存储并由成千上万个组织维护。它们之间以及与提供数字地球服务的应用站