

# 第 1 章 绪 论

信息技术发展突飞猛进，信息产业获得空前发展，信息资源得到爆炸式扩张。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。信息时代人类对信息资源采集、管理、分析提出了很高的要求。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更加广阔的前景。地理信息系统（Geographic Information System, GIS）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。GIS 的迅速发展不仅为地理信息现代化管理提供契机，而且有利于其他高新技术产业的发展，可为人类提供规划、管理、决策的有用信息。

## 1.1 GIS 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，可以从姓名、性别、年龄、籍贯、社会关系、职称、工资等方面来描述，当一个人的情况发生变化时，如年龄变化、工资改变等，均应及时地对反映他的信息进行更新。由此可知，信息是客观事物的存在及演变情况的反映。

信息具有 4 个方面的特点。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会有完全不同的重要性。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，因此它具有广泛适用性。③ 传输性：信息可以在信息发送者和接收者之间传输，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会被改变。④ 共享性：在现代信息社会中，信息共享是最基本的特点，共享可使信息被多用户使用。随着科技进步和社会发展，信息已经与能源、材料一样重要。各个领域对信息应用的要求越来越高，信息就是成功和胜利的保证。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，所以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、图像等。对于计算机而言，数据是指输入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唯一工具。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，只有在其中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。GIS 的建立首先需要收集数据，然后对数据进行处理。成熟的 GIS 必须保证数据的正确表达和无误差传播。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，其描述数据的表现形式是不同的，甚至其数据的值也是不同的。同一数据由不同的人解释，其结果可能不同，必须保障数据的语义信息能够得到正确表达，并使其在应用中能被正确理解，以保证用户间数据畅通。

信息与数据是不可分离的，信息是数据的内涵，是数据的内容和对数据的解释，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，对数据进行解释，才能得到数据中所包含的信息。GIS 的建立过程就是信息（或数据）按一定方式流动的过程。通常，对信息和数据无须进行严格区分，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、物体的空间特征开始。空间特征又称空间信息，空间信息可以从 3 个方面来描述：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，以及在物体间建立相互联系的数据集。位置信息用定位数据（也称几何数据）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得知其具体的位置，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产状、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有很多，空间数据的载体可以是以数字形式记录在磁盘上的信息，也可以是记录在纸上的地图，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。地图是表达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；它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中的变化。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；地图上的线可以是地质界线、铁路、公路、河流等；地图上的面可以是土壤类型、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。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，图例则对它们进行注释。

### 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、图像及图形等的总称。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，它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，这种定位特征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，而各个专题型、实体型之间的联系是通过属性码进行的，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 and 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广，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、能源本身不同，地学信息不但没有限度，而且会爆炸式地增长。随着人类社会的发展，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。人类将从地学信息中赢得预测、预报的时间，获得调控人流、物质和能量的科学依据及有效途径。

### 1.1.4 信息系统和 GIS

信息系统是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。信息系统的四大功能是数据采集、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，信息系统由硬件、软件、数据和用户 4 个主要部分组成。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。

GIS 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，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，对数据进行有效管理，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。还有人认为 GIS 是一种特定而又十分重要的空间信息系统，它是采集、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。又有人认为 GIS 就是数字制图技术和数据库技术的结合。有人按研究专业领域不同给予 GIS 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：“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：“GIS 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。实际上，GIS 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 GIS 的发展过程

### 1.2.1 GIS 在国外的发展

GIS 起源于北美，是 20 世纪 60 年代逐渐发展起来的一门新兴技术。GIS 在国外的发展，

可分为以下几个阶段。

### 1. 起步阶段

20 世纪 60 年代初，计算机应用普及以后，很快就被应用于空间数据的存储和处理中。将原有的地图转换为能被计算机识别的数字形式，并利用计算机对地图信息进行存储和处理，这就是 GIS 的早期雏形。世界上第一个 GIS 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。不久，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，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。

### 2. 发展阶段

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 向实用的方向发展，不同专题、不同规模、不同类型的各具特色的 GIS 在世界各地纷纷研制出来，美国、加拿大、英国、瑞典和日本等国对 GIS 的研究均投入了大量的人力、物力、财力。从 1970 年到 1976 年，美国地质调查局发展了 50 多个 GIS，用于获取和处理地质、地理、地形和水资源等信息；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、航空相片信息、行政区划、土地利用、地形地质等信息；瑞典在中央、区域和城市分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 GIS、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，相关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 软件设计及应用研究，如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。

### 3. 应用阶段

20 世纪 80 年代，由于计算机迅速发展，GIS 逐步走向成熟，并在全世界范围内全面推广应用，应用领域不断扩大，GIS 与卫星遥感技术结合，开始用于全球性的问题，如全球变化和全球监测、全球沙漠化、全球可居住区评价、厄尔尼诺现象、酸雨、核扩散及核废料等。例如，美国地质调查局应用 GIS 对美国三里岛核泄漏事件在 24 小时内就做出了反应，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 年市场上有报价的相关软件就有 70 多个，并涌现出一些有代表性的 GIS 软件，如 ARC/INFO、GenaMap、SPANS、MapInfo、ERDAS、Microstation、SICAD、IGDS/MRS 等。其中，ARC/INFO 已经越来越多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。

### 4. 普及阶段

20 世纪 90 年代至今，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，每 2—3 年投入使用的 GIS 数量就翻一番，GIS 市场销售的年增长率为 35% 以上，从事 GIS 的厂家已超过 1000 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。目前，随着计算机软硬件技术、数据库技术、网络技术、多媒体技术等计算机技术的迅速发展，GIS 的应用领域也进一步扩大。GIS 与虚拟环境技术相结合的虚拟 GIS，GIS 与 Internet 相结合的 WebGIS，GIS 与专家系统、神经网络技术相结合的智能 GIS，在网络支持下及分布式环境下实现跨地域的空间数据和地理信息处理资源共享的开放式 GIS 都得到了长足的发展，并将广泛应用于云计算、物联网、下一代互联网、泛在网、计算机、智能芯片等领域。另外，GIS 与各种应用模型（如环境模型、降雨模型）的结合，GIS 与 GNSS（Global Navigation Satellite System，全球导航卫星系统）、RS（Remote Sensing，遥感）的进一步集成，并行处理技术在 GIS 中的应用等都有了一定的发展。作为信息化社会的基础设施之一，GIS 已经成为许多机构日常工作中必不可少的工具，并将融入人类社会的各个方面，包括社区服务、车辆服务、手机位置服务、社交、娱乐、健康、医疗、教育等，大众化 GIS 已成为必然趋势。

## 1.2.2 GIS 在我国的发展

GIS 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 在我国的发展可分为以下 4 个阶段。

### 1. 准备阶段

20 世纪 70 年代初期，我国开始尝试将计算机应用于地图绘图和遥感领域。1972 年，我国开始研制绘图自动化工具；1974 年引进美国地球资源卫星图像并开展了卫星图像的处理和分析工作；1976 年召开了第一次遥感技术规划会议，并开展了部分遥感实验；1977 年开展了对数字地形模型基本数据的特征参数及其提取的试验，与此同时，我国第一张由计算机输出的全要素图诞生；1978 年召开了第一次数据库学术讨论会。这个时期开展的学术探讨和试验研究为我国 GIS 研制和开发积累了一定的经验，奠定了技术基础。

### 2. 起步阶段

20 世纪 80 年代初期，随着计算机技术的发展，GIS 在我国全面进入试验阶段。1981 年，在渡口滩进行了遥感和 GIS 的典型试验，研究了多源数据采集的方法；成都计算机应用研究所围绕区域数据模型的建立，开展了大量的试验；与此同时，国内许多研究机构也开展了部分专题试验，设计了一些通用的软件。这个时期，我国在人才培养和机构建设方面也有很大发展，1985 年建立了我国第一个资源与环境系统实验室；1987 年在北京举行了国际地理信息系统学术讨论会；同时，相关高校也开设了 GIS 课程。这些都为我国 GIS 的发展奠定了良好的应用基础。

### 3. 发展阶段

20 世纪 80 年代中期到 20 世纪 90 年代中期，我国 GIS 的研究和应用进入有组织、有计划、有目标的发展阶段，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，这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 4 个方面：① 制定了国家 GIS 规范，解决了信息共享和系统兼容问题，为全国 GIS 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相关软件；④ 开始出版有关 GIS 理论技术和应用等方面的

著作，并积极开展国际合作，参与全球性 GIS 的讨论和实验。1992 年 10 月，联合国经济发展部（UNDESSED）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 发展起着重要的作用。

#### 4. 推广阶段

20 世纪 90 年代中期至今，我国 GIS 技术在技术研究、成果应用、人才培养、软件开发等方面进展迅速，并力图将 GIS 从初步发展时期的研究实验、局部应用推向实用化、集成化、工程化，为国民经济发展提供辅助分析和决策依据。GIS 在研究和应用过程中走向产业化，成为国民经济建设普遍使用的工具，并在各行各业发挥重大作用。另外，在应用方面，GIS 在资源开发、环境保护、城市规划建设、土地管理、交通、能源、通信、地图测绘、林业、房地产开发、自然灾害的监测与评估、金融、保险、石油与天然气、军事、犯罪分析、运输与导航、110 报警系统、公共汽车调度等方面都得到了具体应用。近年来，GIS 通过网络的形式不断影响人们的生活。互联网地图、手机地图等所提供的 GIS 服务，给人们的日常生活带来了极大的便利。未来，GIS 将逐步渗透到各行各业，随时随地地影响人们的生活。

### 1.3 地球信息科学与 GIS 软件及类型

#### 1.3.1 地球信息科学

地球信息科学是研究地球表层信息流，以及地球表层资源与环境、经济与社会的综合信息流的科学。就地球信息科学的技术特征而言，它是记录、测量、处理、分析和表达地球参考数据及地球空间数据学科领域的科学。它属于边缘学科、交叉学科及综合学科，是以信息流作为研究的主题，即研究地球表层的资源、环境和社会经济等一切现象的信息流过程，以及以信息作为纽带的物质流、能量流等。

“信息流”这一概念是陈述彭院士在 1992 年针对地图学在信息时代面临的挑战而提出的。他认为，地图学的第一难关是解决地球信息源的问题。在 16 世纪以前，人类获取地图信息源主要通过艰苦的探险、组织庞大的队伍，采用当时认为是最先进的技术装备来解决这个问题；到了 16~19 世纪，地图信息源主要来自大地测量及建立在三角测量基础上的地形测图；20 世纪前半叶，地图信息源主要来自航空摄影和多学科综合考察；20 世纪后半叶，地图信息源主要来自卫星遥感、航空遥感和全球导航卫星系统。可以预见，21 世纪，地图信息源将主要来自自由卫星群、高空航空遥感、低空航空遥感、地面遥感平台，并由多光谱、高光谱、微波及激光扫描系统、定位定向系统（Position and Orientation System, POS）、数字成像系统等共同组成的星、机、地一体化、立体的对地观测系统。它可基于多平台、多波段、全天候、多分辨率、多时相对全球进行观测和监测，极大地提高了信息获取的手段和能力。但是，无论是何种信息源，其信息流程都表现为：① 信息的获取；② 存储检索；③ 分析加工；④ 最终输出产品。

GIS 与遥感、全球导航卫星系统等高新技术是进行研究地球信息科学的主要技术手段，即地球信息科学的研究手段是通过由 GIS、RS 和 GNSS 所构成的“3S”技术对地面进行立体观测的系统。该系统运作特点是在空间上是整体的，而不是局部的；在时间上是长期的，而不是短暂的；在时序上是连续的，而不是间断的；在时相上是同步的、协调的，而不是异相的；在技术上是由 GIS、RS 和 GNSS 这 3 种技术集成的，而不是孤立的。

### 1.3.2 GIS 软件

目前国外研发出比较流行的 GIS 软件有美国 Esri 公司的 ArcGIS、美国 Intergraph 公司的 MGE、美国 MapInfo 公司的 MapInfo、加拿大阿波罗科技集团的 Titan GIS 等。国内开发的比较流行的 GIS 软件有武汉中地数码公司的 MapGIS、北京超图公司的 SuperMap、北京大学的 Citystar、武汉大学吉奥公司的 GeoStar、北京灵图公司的 VRMap、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，对推动我国的国民经济、提高综合国力起到了积极的促进作用。这些国产的 GIS 软件也相继推出了自己的组件化产品。

GIS 软件工业不可避免地受到计算机应用软件发展趋势的影响，由于微机的普及，Windows 系列的操作系统成为主流，许多传统的基于 UNIX 操作系统的应用软件已移植到 Windows 操作平台上，GIS 软件也不例外。面向对象的理论和方法逐渐成熟并被广泛地应用到软件的设计和生产中，基于 CORBA（Common Object Request Broker Architecture，公共对象请求代理体系结构）和 DCOM（分布式组件对象模型）的系统软件已经进入操作系统，组件化的软件设计方法已经成为新的趋势。传统的 GIS 软件被分解为灵活的、按需组装的、可定制的 GIS “元件”。

#### 1. GIS 软件平台的转移

最初的 GIS 软件多基于 UNIX 操作系统，但随着微软公司的 Windows 系列操作系统的迅速发展，大多数的微机使用了 Windows 系列操作系统，图形工作站也都支持 Windows NT，所以初期以 UNIX 为主流平台的 GIS 大型软件，都更换或扩展到了 Windows NT 平台。另外，由于微机的普及，各 GIS 软件厂商都开发了基于 Windows 操作系统的桌面 GIS 软件。

进入 21 世纪后，互联网技术的迅速普及使 GIS 发生了质的变化，Internet 已成为 GIS 新的操作平台。Internet 和 GIS 的结合即 WebGIS，它改变了地理信息的获取、传输、发布、共享和应用的方式。近年来，随着移动互联网和智能手机的发展及应用，出现了以移动互联网为支撑，以智能手机或平板电脑为终端，结合 GNSS 或基站为定位手段的 GIS，这是继桌面 GIS、WebGIS 之后又一新的技术热点，即移动 GIS。

#### 2. 控件化 GIS 与搭建式 GIS

前些年，针对偏重于设施管理和地图显示功能，而对空间分析要求不高的应用需求，软件厂商顺应计算机技术的发展，开发了 OCX 或 ActiveX 控件化 GIS 软件，用户可以综合利用 GIS 控件及其他控件，开发出中、小规模 GIS 应用系统。用户可以使用流行的 VC、.NET 或 Delphi 等开发工具开发自己的应用系统。一些大型的 GIS 软件商都向用户提供控件，如美国 Esri 公司的 MapObjects、美国 MapInfo 公司的 MapX 等。

近年来，搭建式 GIS 软件是一种新的趋势，采用搭建式、向导式和插件式等 3 种开发方式，在尽可能零编程、少编程的情况下，通过拖放式开发就可实现特定功能的 GIS。搭建式开发方式大大缩短了开发时间，节约了 80% 以上的开发成本，提高了 60% 以上的工作效率，对开发人员的要求大大降低。凡有一定的计算机应用基础的开发人员，在通过相当短时间的培训，就能掌握搭建系统的使用方法，让用户从关心技术和细节功能，转向关心业务。这是 GIS 开发模式的重大变革，也是一场技术革命。

### 1.3.3 GIS 类型

#### 1. WebGIS

随着计算机技术、网络技术、数据库技术等的发展及应用的不深化，GIS 技术的发展呈现出新的特点和趋势，基于互联网的 WebGIS 就是其中之一。WebGIS 除应用于传统的国土、资源、环境等政府管理领域外，也正在促进与老百姓生活息息相关的车载导航、移动位置服务、智能交通、抢险救灾、城市设施管理、现代物流等产业的迅速发展。GIS 经历了单机环境应用向网络环境应用发展的过程，网络环境 GIS 应用从局域网内客户/服务器 (Client/Server, C/S) 结构的应用向 Internet 环境下浏览器/服务器 (Browser/Server, B/S) 结构的 WebGIS 应用发展。随着 Internet 的发展, WebGIS 开始逐步成为 GIS 应用的主流。WebGIS 相对于 C/S 结构而言, 具有部署方便、使用简单、对网络带宽要求低的特点, 为地理信息服务的发展奠定了基础。

早期的 WebGIS 功能较弱, 主要应用于电子地图的发布和简单的空间分析与数据编辑, 难以实现较为复杂的图形交互应用和复杂的空间分析, 也无法取代传统的 C/S 结构的 GIS 应用, 因此出现了 B/S 结构与 C/S 结构并存的局面, 而 C/S 结构涉及客户端与服务器端之间的大量数据传输, 无法在互联网平台上实现复杂的、大规模的地理信息服务。

近些年来, 国内外许多 GIS 软件厂商相继推出了 WebGIS 软件产品, 如美国 Esri 公司的 ArcGIS for Server 和 MapObjects IMS、美国 MapInfo 公司的 MapXtreme、美国 Intergraph 公司的 GeoMedia Web Map 和 GeoMedia Web Enterprise, 以及国内的武汉中地数码公司的 MapGIS IGSer 和北京超图公司的 SuperMap IServer 等。同时, 随着电子政务和企业信息化的发展, 构建由多个 GIS 构成的信息系统体系, 跨越传统的单个 GIS 边界, 实现多个 GIS 之间的资源 (包括数据、软件、硬件和网络) 共享、互操作和协同计算, 构建空间信息网格 (Spatial Information Grid), 已成为 GIS 应用发展亟待解决的关键技术问题。这要求将 GIS 的数据分析与处理的功能移到服务器端, 通过多种类型的客户端上 Web Browser 或桌面软件调用服务器端的功能, 来实现传统 C/S 结构 GIS 所具有的功能, 最终使 B/S 结构取代 C/S 结构的应用, 通过 GIS 应用服务器之间的互操作和协同计算, 构建空间信息网格。

#### 2. 三维 GIS

随着 GIS 研究与应用的不断深入, 人们越来越多地要求从真正的三维空间的角度来处理问题。在应用要求较为强烈的部门如采矿、地质、石油等领域已率先应用了专用的具有部分功能的三维 GIS。因此, 许多学者开始了对三维 GIS 的研究, 并针对地质、矿山等特殊应用领域, 建立了栅格化的数据模型及开展了一些特殊的空间分析, 但其功能较为单一。随着计算机技术的发展, 人们已不满足于一些简单的三维显示、查询等功能。于是, 许多模拟系统开始集成传统的 GIS 技术和三维可视化技术, 以数据库为基础, 研究海量数据的存取和可视化。同样, 三维 GIS 也有转向 Web 的趋势。荷兰的 ITC 对三维 WebGIS 进行了比较深入的研究及实现, 在 Web 上实现了数字城市应用, 并建立了一些具有初步功能的实验系统。

一些商用 GIS 也推出了三维 GIS 模块, 如 ArcView 3D Analyst、Titan 3D、ERDAS IMAGINE 等。这些三维 GIS 模块通过处理遥感图像数据和三维地形数据, 能在实时三维环境下, 提供地形分析和实时三维飞行浏览。但这些三维 GIS 模块的技术主要集中于二维表面地形的分析, 仅将数据在三维环境中进行显示, 在空间查询等方面功能比较简单, 还不是真



正的三维 GIS（通常称之为 2.5 维）。武汉适普公司开发的 IMAGIS 结合三维可视化技术和虚拟现实技术，能够对三维对象进行建模、移动、漫游等操作，但缺乏空间数据库的有效管理，空间查询和分析功能较弱。中国人民解放军国防科学技术大学开发了 X-2000 三维军事电子地图系统，以 X-2000 空间数据库为核心，实现了地形分析、空间查询、真三维再现等多项功能。武汉大学吉奥公司也在其研制的 GeoStar 系统中加入了三维 GIS 模块，使其可以应用于城市规划等领域中。武汉中地数码公司开发的 MapGIS-TDE 中的构建平台是一个开放的、可扩展的三维开发平台，可提供系列面向三维应用的专业建模、分析及可视平台，以及系列面向三维应用的专业建模、分析及可视化工具，用户可借助构建平台提供的面向专业应用的建模、分析与可视化接口构建自己的三维应用。

目前，国内外诸多学者对三维 GIS 的三维数据结构、三维建模及单一领域的应用提出了许多方法和技术手段。三维 GIS 的研究经过十多年的发展，在取得许多成就的同时，仍然存在着诸多问题。目前，三维 GIS 还没有通用的基础开发平台。虽然已经开发出了许多三维 GIS 原型系统，但也只是集中于一些特殊的应用领域，特别是地质、数字城市等领域，与普遍应用还有较大的差距。

### 3. 时态 GIS

传统 GIS 处理的是无时间概念的数据，只能是现实世界在某个时刻的“快照”。然而，GIS 所描述的现实世界是随时间连续变化的，随着 GIS 应用领域的不断扩大，时间维必须作为与空间等量的因素加入 GIS。将时间的影响考虑到 GIS 应用中，就产生了时态 GIS 或四维 GIS。

时态 GIS 主要应用于以下几种情况：一是对象随时间变化很快，如噪声污染、水质检测、日照变化等，一秒得到一个甚至几个数据；二是历史回溯和衍变，如地籍变更、环境变化、灾难预警等，需要根据已有数据回溯过去某一时刻的情况或预测将来某一时刻的情况；三是科学家想对某一时刻的所有地质条件或某一时间段内的平均地质条件进行评价，他们是否能很容易地获得“A 时刻的值或从时间 B 到时间 C 这段时间内的值”。

## 1.4 GIS 与其他相关学科的关系

GIS 是记录、处理、分析和表达地球参考数据或地球空间数据领域的学科，是用来研究地球系统科学的一种技术手段，也是近几十年来新兴的涵盖计算机科学、地理学、测量学和地图学等多门学科的边缘学科、交叉学科及综合学科。

### 1.4.1 GIS 与测绘学

测绘学是研究、测定和推算地面几何位置、地球形状及地球重力场，据此测量地球表面自然形态和人工设施的几何分布，编制各种比例尺地图的理论和技术的学科。它包括测量和制图两项主要内容。

测绘学科中的大地测量、工程测量、矿山测量、地籍测量、航空摄影测量和遥感技术为 GIS 中的空间实体提供各种不同比例尺和精度的定位数据。电子速测仪、全球定位技术、解析或数字摄影测量工作站、遥感图像处理系统等现代测绘技术的使用，可直接、快速和自动地获取空间目标的数字信息，为 GIS 提供丰富和更为实时的信息源，并促使 GIS 向更高层次发展。GIS 的发展要求通过测绘能及时、快速、直接地提供数字形式数据，这样就促使常规

的测量仪器向数字化测量仪器发展，促进了数字化测绘生产体系的建立。

从近 20 年来看，测绘学科在各分支学科自身发展的同时，分支学科间的交叉集成也成为一种发展趋势。全球导航卫星系统在大地的测量与测量工程中的普遍应用，摄影测量向遥感的发展，地图学向 GIS 的发展，形成了 3S 集成的明显特色。3S 集成代表了测绘学科内多种测量与遥感技术的有机融合，它不仅具有相互补充、相互促进的特点，而且能提高从数据获取到信息提取的速度，为现代测绘遥感技术的自动化、智能化和实时化创造了必要条件。这将从根本上改变传统测绘学科的内涵，测绘将由原来单纯提供信息的服务性工作转变为参与规划和决策管理的重要组成部分，将有力地推动管理的严格性、决策的科学性、规格的合理性和设计的高效性。伴随着相关学科的科技进步与发展，GIS 在汲取各学科的成就的同时，也在不断地发展与进步。

### 1.4.2 GIS 与地理学

地理学是一门古老的研究课题，曾被称为科学之母。以往，地理学仅指地球的绘图与勘察，今天地理学已成为一门范围广泛的学科。它不限于研究地球表面的各个要素，更重要的是被作为统一的整体，综合地研究其组成要素及它们的空间组合。它着重于研究各要素之间的相互作用、相互关系及地表综合体的特征和时空变化规律。地理学的综合性研究分为不同的层次，层次不同，综合的复杂程度也不同。高层次的综合研究，即人地相关性的研究，是地理学所特有的。另外，地理学还把现代地理现象作为历史发展的结果和未来发展的起点，研究不同发展时期和不同历史阶段地理现象的规律。现代地理学已经有可能对于某些区域的未来发展提出预测，并根据预测结果进行控制和管理，以满足人们对区域发展的要求。

地理学是 GIS 的理论依托。有的学者断言：“GIS 和信息地理学是地理科学第二次革命的主要工具和手段。如果说 GIS 的兴起和发展是地理科学信息革命的一把钥匙，那么信息地理学的兴起和发展将是打开地理科学信息革命的一扇大门，必将为地理科学的发展和提高开辟一个崭新的天地。”GIS 被誉为地学的第三代语言——用数字形式来描述空间实体。地理学为 GIS 提供了有关空间分析的基本观点与方法，是 GIS 的基础理论依托。而 GIS 的发展也为地理问题的解决提供了全新的技术手段，并使地理学研究的数学传统得到充分发挥，推动了地理学的发展。

### 1.4.3 GIS 与地图学

GIS 以地图数据库为基础，其最终产品之一也是地图，因此它与地图有着极为密切的关系，二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。从地图学到地图学与 GIS 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，存在不少专门的论述，其作者既有地图专家，也有以遥感、摄影测量或其他专业背景的 GIS 专家。一类观点认为：“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 GIS”等；另一类观点认为：“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。英国的 S.Caettari 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，不仅提供了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科学，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，在地图学与 GIS 之间一个最有力的连接是，通过地图可视化工具来增强 GIS 的数据综合和分析能力。

#### 1.4.4 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进行管理和检索的，其优点是存储和管理有效，查询和检索方便，但数据表示不直观，不能描述图形拓扑关系，一般没有空间概念，即使存储了图形，也以文件形式管理，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、空间关系及空间实体的属性。例如，电话查号台可看作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、距离最近的邮电局等信息。

#### 1.4.5 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，开始寻找一种综合的多学科、多目标的调查分析方法来评价地表特征，因此产生了面向特殊目的的专题图件。20 世纪 60 年代，计算机的出现使传统的制图方式被打破，对地球资源的量化分析和评价产生了实质性的发展，地图要素被量化成简单的数字，可以用计算机很方便地给予定性、定量及定位分析，进而用颜色、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编制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，制定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 的产生起到了有力的促进作用，GIS 的出现进一步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 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，并且可综合二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 重要组成部分。

#### 1.4.6 GIS 与 CAD

CAD (Computer Aided Design, 计算机辅助设计) 系统主要用来代替或辅助工程师进行各种设计工作，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 系统的共同特点是二者都有空间坐标，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 系统处理的多数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，属性库功能相对较弱，采用的一般是几何坐标系；而 GIS 处理的多数为自然目标，有分维特征（海岸线、地形等高线等），因此图形处理的难度大，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 采用的多数是大地坐标，必须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 系统并不完全适合于完成 GIS 任务。

## 1.5 GIS 组成

GIS 主要由 5 个部分组成，即计算机硬件系统、计算机软件系统、地理空间数据、应用分析模型、系统开发管理和使用人员。

### 1.5.1 计算机硬件系统

GIS 的建立必须有一个计算机硬件系统作为保证。随着计算机单机的性能不断提高，以及计算机网络技术的不断发展，能满足 GIS 运行的硬件设备可简可繁的要求。计算机网络是实现计算机之间通信的软件和硬件系统的统称，是以共享资源为目的，通过数据通信线路将多台计算机互连而组成的系统，共享的资源包括计算机网络中的硬件设备、软件或数据。计算机网络的种类繁多、性能各异，按照其空间分布范围的大小，分为局域网（Local Area Network, LAN）、广域网（Wide Area Network, WAN）等。因此，GIS 的计算机硬件系统针对不同的网络结构，其配置、应用规模及连接模式等各有不同。

#### 1. 单机模式

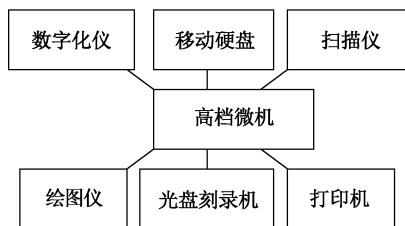


图 1-1 GIS 单机模式主要硬件组成

在单机模式下，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，一般分为两种配置情况。其主要硬件组成如图 1-1 所示。

#### (1) 简单型配置

最简单的硬件系统只需要高档微机加上一台打印机即可运行。微机处理、协调和控制计算机各个部件的动作，主要用作显示、监视和人机交互操作，如编辑、删改、增加、更新图形数据等。一般的 GIS 要求有足够的内存和硬盘空间。例如，美国环境系统研究所研制的 ARC/INFO 8.0，其最低要求是内存空间必须大于 64MB，硬盘空间必须大于 4GB，否则软件很难运行。武汉中地数码公司开发的 MapGIS，其最低要求是内存空间必须大于 128MB，硬盘必须大于 200MB。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、办公室等只做些较简单工作的环境，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，或者先在其他系统上完成输入数据的工作，然后通过移动硬盘作为媒介，将数据输入这个系统的硬盘后再进行其他运算。由于简单型配置的系统功能较少，因此在数据输入的种类、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的要大一些。除高档微机和打印机外，还需要配

置数字化仪、扫描仪、光盘刻录机、移动硬盘及绘图仪等。数字化仪是 GIS 硬件中的重要输入设备。它利用光标或光笔人工跟踪图形，将各种地图数字化并输入硬盘存储。扫描仪是按栅格方式扫描后将图像数据交给计算机来处理；光盘刻录机和移动硬盘用来保存和备份数据；绘图仪主要用于输出各种图形。

基本型配置解决了地图的数字化输入和专题地图的输出问题。这样的系统就有条件完成 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。

## 2. 局域网模式

局域网是指在比较小的区域，如一座办公大楼、一个校园、一个公司等内建立的计算机网络，其通信距离较短、传输速率较快、误码率低。该系统以 C/S 模式建立，客户机一般为多台三维图形工作站 TD 系列或 PC，服务器为一台或多台装有 UNIX 或 Windows 的计算机，网络设备采用 3Com SuperStack II Hub 100 快速以太网集线器，24 个端口共享 100Mb/s 带宽，通过 UTP 连接为星状拓扑结构。客户端与服务器通过交换机 100Mb/s 端口，配置 NETBEUI、TCP/IP，进行域名服务、网络资源管理，并通过 PC NFS 实现与 UNIX 或 Windows 服务器的数据传输。系统运行具有 C/S 结构 GIS 软件，应用服务以 SQL Server（SQL，结构化查询语言；SQL Server，Microsoft 开发和推广的关系数据库管理系统 RDBMS）或 Oracle 数据库作为后台支持。系统通过 NT Server 定义各个结点的网络地址、用户、共享应用程序、硬盘空间和各种外设（包括数字化仪、扫描仪、绘图仪、制版机等），将 GIS 进程优化到网络上，实现数据输入、预处理、分色分版、修改和胶片制作等功能，完成大型地图产品输入、编辑、输出的一体化过程。GIS 局域网模式主要硬件组成如图 1-2 所示。

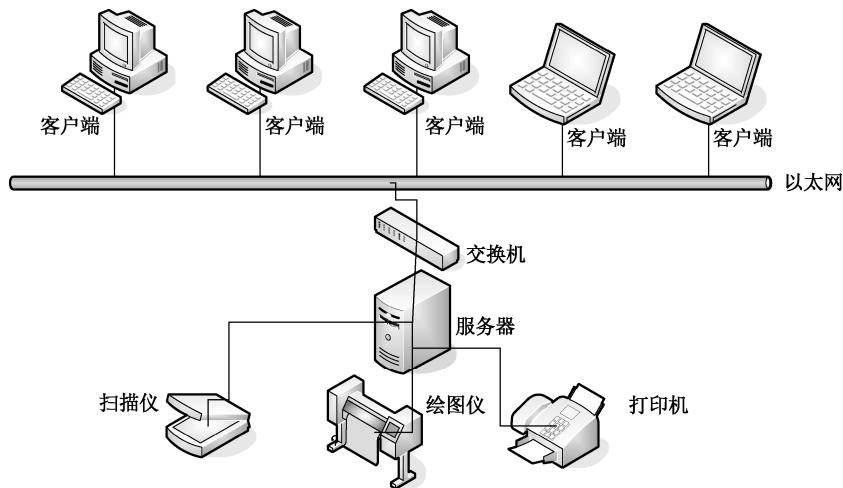


图 1-2 GIS 局域网模式主要硬件组成

局域网模式的特点是简单实用，易于建立，是低成本的 GIS 网络解决方案。但网络传输速率低，缺乏有效的管理和容错机制，适用于上网设备较少，对实时性、安全性要求不高的部门级应用。

### 3. 广域网模式

GIS 广域网模式是指将分布在几十千米以上的 GIS 用户通过网络系统连接起来，其主要特点是，物理位置分散、信息量大、网络安全要求高。因此，GIS 广域网一般要符合国际规范和标准，具有开放性，网络容量满足业务不断发展的需要，网络中可避免出现通道瓶颈，具有良好的可靠性、安全性、互操作性和可扩充性。

GIS 广域网模式一般在国土规划信息系统中比较常见，它用来连接信息中心、各业务处室及下属部门的网络系统，系统硬件平台一般采用 UNIX、PC 工作站/服务器，采用普通以太网作为末端类型，通过交换/路由设备与千兆位主干网连接。系统网络硬件组成主要有：① 千兆以太主干网络，连接服务器、各业务处室局域网、各信息中心局域网的高速通道；② 快速以太局域网子网，各业务处室局域网、信息中心局域网及下属部门局域网；③ DDN、PSDN 广域网子网，通过专用、公用通信线路实现中心部门、下属部门连接并提供对外服务。系统支持分布式数据处理，在 UNIX 或 Windows 操作系统下，实现数据访问、资源共享与应用分割，提供文件和打印服务，满足办公自动化需求。GIS 广域网模式主要硬件组成如图 1-3 所示。

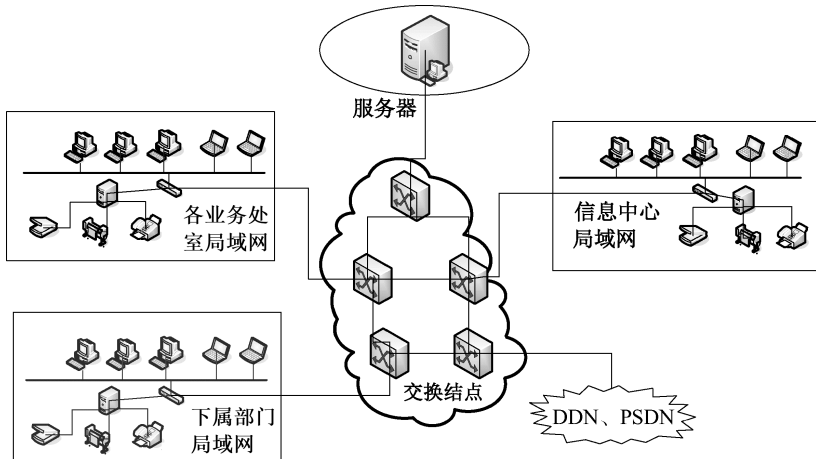


图 1-3 GIS 广域网模式主要硬件组成

网络特点是：整个系统是由服务器、信息中心局域网、各业务处室局域网、下属部门局域网组成的分布式联机事务处理综合性广域网络系统；通过千兆位以太主干网提供较高的数据传输速率，满足 GIS 特殊处理的需要；通过 DDN 专线实现中心部门与下属部门的数据共享与业务交互，通过 PSDN 远程拨号接入向广大用户提供城市规划信息服务。

#### 1.5.2 计算机软件系统

计算机软件系统是指 GIS 运行所必需的各种程序及有关资料，主要包括计算机系统软件、GIS 软件和数据库软件 3 部分。

##### 1. 计算机系统软件

计算机系统软件是指由计算机厂家提供的为用户开发和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、数据库管理系统及各种维护手册。

## 2. GIS 软件

GIS 软件应包括 5 类基本模块（见图 1-4），包含下述诸子系统：数据输入和检验、数据库存储和管理、数据变换、数据显示和输出、用户接口等。

（1）数据输入和检验包括能将测量数据、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（如图 1-5）。

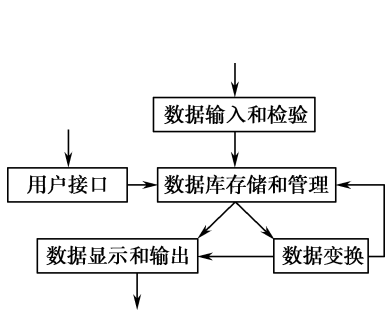


图 1-4 GIS 主要软件组成

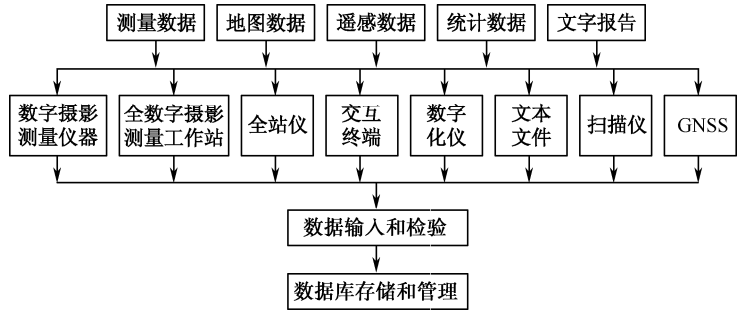


图 1-5 数据输入

许多计算机工具都可用于数据输入，如交互终端（键盘与显示器）、数字化仪、扫描仪、全站仪、GNSS、数字摄影测量仪器、全数字摄影测量工作站等。数据检验是通过观测、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的过程。事实上，数据输入和检验都是建立地理数据库必需的过程。

（2）数据存储和管理涉及地理元素的位置、连接关系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等。用于组织数据库的计算机程序称为数据库管理系统（Database Management System, DBMS）。地理数据库包括数据格式的选择和转换、数据的连接、查询、提取等，其组成如图 1-6 所示。

（3）数据变换包括以下两类操作，如图 1-7 所示。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。为回答 GIS 提出的问题而采用的大量数据分析方法。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 的一般变换特征。其他变换可能非常偏重专业应用，也可能将数据合并到一个只满足特定用户需要的专业化 GIS 中。

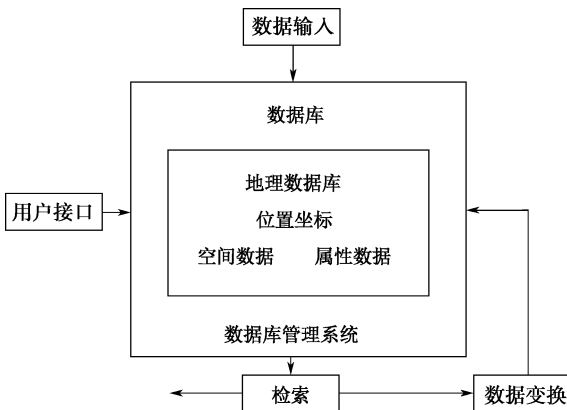


图 1-6 地理数据库的组成

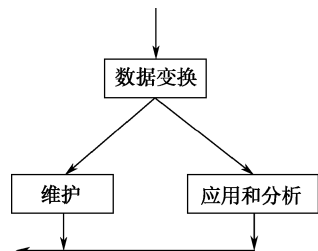


图 1-7 数据变换

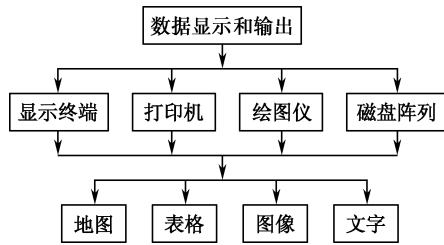


图 1-8 数据显示和输出

(4) 数据显示和输出是指原始数据、分析或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 1-8 所示。

(5) 用户接口用于接收用户的指令，以及程序或数据，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。因为 GIS 功能复杂，且用户又往往为非计算机专业人员，所以用户界面（或人机界面）作为 GIS 应用的重要组成部分，主要通过菜单技术、用户询问语言的设置，以及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。用户接口还随时向用户提供系统运行信息和系统操作帮助信息，这就使得 GIS 成为人机交互的开放式系统。程序接口为连接用户特定的应用程序模块提供方便，数据接口为使用非系统标准的数据文件提供方便。

### 3. 数据库软件

数据库软件是计算机软件系统的重要组成部分。GIS 是一种以海量空间数据为基础，供资源、环境及区域调查、规划、管理和决策使用的空间信息系统。目前，这些海量空间数据主要以地图为基础，并借助比较成熟的商业数据库软件（如 Oracle、SQL Server、DB2、Sybase 等）来存储和管理地图信息。在数据处理过程中，它既是资料的提供者，也是处理结果的归宿；在检索和输出过程中，它是形成绘图文件或各类地理数据的数据源。另外，利用成熟的商业数据库软件可对数据的调度、更新、维护、并发控制、安全、恢复等提供服务。

### 1.5.3 地理空间数据

在计算机环境中，数据是描述地理对象的唯一工具，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。这些数据来源主要有多种尺度的各种地形图、遥感影像及其解译结果、数字地面模型、GNSS 观测数据、大地测量成果数据、与其他系统交换来的数据、社会经济调查数据和属性数据等。数据类型有矢量数据、栅格数据、图像数据、文字和数字数据等。数据格式有其他 GIS 产生的数据格式、CAD 格式、影像格式、文本格式、表格格式等。这些数据可以通过数字化仪、扫描仪、键盘或其他系统输入 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及由键盘输入或转储的地理空间数据，都必须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。

当前，在地理空间数据的生产中，地理基础框架数据主要是 4D 产品，即数字线划图 (Digital Line Graph, DLG)、数字栅格图 (Digital Raster Graph, DRG)、数字高程模型 (Digital Elevation Model, DEM)、数字正射影像图 (Digital Ortho Map, DOM)。根据空间数据的内容和用途，可分为基础数据和专题数据，前者反映地理、地貌等基础地理框架信息，如地图



数据、影像数据、土地数据等；后者反映不同专业领域的专题地理信息，如水资源数据、水质数据、矿产分布数据等。空间数据质量通过准确度、精度、不确定性、相容性、一致性、完整性、可得性、现势性等指标度量。这些数据由数据库管理系统进行管理，对数据的调度、更新、维护、并发控制、安全、恢复等服务。

### 1.5.4 应用分析模型

应用分析模型的建立和选择是 GIS 成功应用的重要因素，这是由 GIS 功能和目的所决定的。虽然 GIS 为解决各种现实问题提供了有效的基本工具，但对于某一专业应用目的的问题，必须通过构建专门的应用分析模型来解决，如土地利用适宜性模型、选址模型、洪水预测模型、人口扩散模型、森林增长模型、水土流失模型、最优化模型和影响模型等。这些应用分析模型是客观世界中相应系统经由概念世界到信息世界的映射，反映了人类对客观世界利用改造的能动作用，并且是 GIS 技术产生社会效益的关键所在，也是 GIS 生命力的重要保证。

### 1.5.5 系统开发管理和使用人员

人是 GIS 中的重要构成因素，GIS 不是一幅地图，而是一个动态的地理模型，如果仅有系统软硬件和数据构不成完整的 GIS，还需要人进行系统组织、管理、维护和数据更新、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。

GIS 必须置于合理的组织联系中（见图 1-9）。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，还要对适当的组织机构中的工作人员和管理人员在培训方面进行投资，使他们能够应用新技术。近年来，硬件设备连年降价而性能日趋完善与增强，但有技能的工作人员及质优价廉的软件仍然不足。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 GIS。

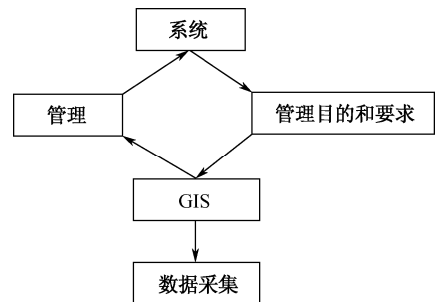


图 1-9 GIS 的组织联系

## 1.6 GIS 功能和应用

### 1.6.1 GIS 功能

在建立一个实用的 GIS 过程中，从数据准备到系统完成，都必须经过各种数据转换，每次转换都有可能改变原有的信息。GIS 的基本数据流程如图 1-10 所示。GIS 的功能主要是完成流程中不同阶段的数据转换工作。通常，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。输入方式主要有图形数据输入，如管网图输入；栅格数据输入，如遥感图像的输入；测量数据输入，如 GNSS 数据的输入；属性数据输入，如数字和文字的输入。

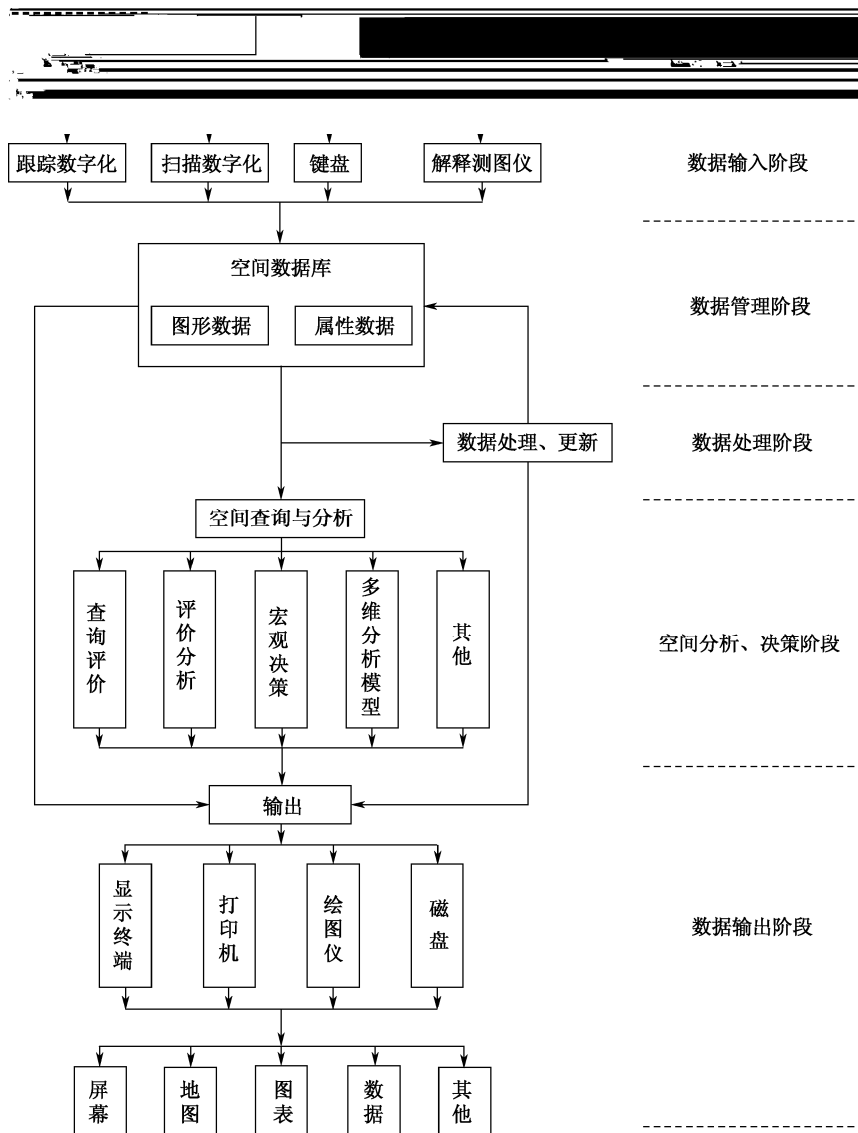


图 1-10 GIS 的基本数据流程

## 2. 数据编辑与更新

数据编辑主要包括属性编辑和图形编辑。属性编辑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的时间序列中，所以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、发展做出合乎规律的预测预报。

## 3. 数据存储与管理

数据存储是指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。数据管理可分为属性数据管理和空间数据管理。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。它主要包括数据查询检索、数据操作运算与数据综合分析。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。数据操作运算是指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、栅格数据叠加等操作，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。数据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、多要素综合分析等。

#### 5. 空间决策支持

空间决策支持是指应用空间分析的各种手段对空间数据进行处理变换，以提取隐含于空间数据中的某些事实与关系，并以图形和文字的形式直接加以表达，为现实世界中的各种应用提供科学、合理的决策支持。它主要以管理科学、运筹学、控制论和行为科学为基础，以计算机技术、仿真技术和信息技术为手段，利用各种数据、信息、知识、人工智能和模型技术，面对半结构化的决策问题，支持决策活动的人机交互信息系统。因此，空间决策支持将克服对复杂空间问题决策缺少有效支持能力的问题，拓展了 GIS 传统的空间数据获取、存储、查询、分析、显示、制图、制表的功能。

#### 6. 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，通常以人机交互的方式来选择显示的对象与形式。对于图形数据可根据要素的信息量和密集程度，选择放大或缩小显示。GIS 不仅可以输出全要素地图，也可以根据用户需要，分层输出各种专题图、各类统计图、图表及数据等。

### 1.6.2 GIS 应用

#### 1. 资源清查

资源清查是 GIS 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，按照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，按照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。例如，我国西南地区国土资源信息系统设置了 3 个功能子系统，即数据库系统、辅助决策系统、图形系统。该系统存储了 1500 多项 300 多万万个资源数据。该系统提供了一系列资源分析与评价模型、资源预测预报及西南地区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、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，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。GIS 的数据库管理有利于将这些数据信息归并到同一个系统中，并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 GIS 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。我国大城市数量居于世界前列，根据加快中心城市的规划建设，加强城市建设决策科学化的要求，利用 GIS 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 GIS 可以有效进行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，建立微机信息系统的多因子的综合指标森林火险预报方法，对火险等级进行预报，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 GIS 软件支持下，借助大比例尺数字高程模型及各种专题地图，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，GIS 为解决这一问题提供了先进的技术手段，借助 GIS 可以进行地籍数据的管理和更新、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 GIS 的重要应用领域。

## 5. 环境管理

随着经济的高速发展，环境问题越来越受到人们的重视，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。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建设。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、环境法规数据库等。