第一部分 计算机基础

知识要点及说明

本节主要考察的是考生的计算机基础知识及应用能力。由于计算机基础是信息化工程师的最基本的能力要求，考生都接受过相应的教育与培训，因此，《计算机基础》部分就不再详细阐述，现列出知识要点，供考生参考复习。

1）计算机的基本概念，硬件系统与软件系统的关系；

2）微型计算机硬件系统的组成及各部分功能

3）系统软件与应用软件的功能与关系

4）存储器的基本概念 (RAM、ROM、DISK) 和特点

5）信息的表示和存储 (二、八、十、十六进制的表示及转换，位、字节、字、等存储容量单位的表示与转换)

6）计算机操作系统的基本工作原理及作用

7）常见计算机操作系统的类型与特点

8）Windows 操作系统的版本知识、安装、部署及基本操作

9）常见办公软件的操作与使用，（如：MS office 或 wps）

10）计算机网络基础知识：组成、功能、分类及常见网络设备

11）小规模局域网的组网技术、本地局域网的管理和维护

12）常见的网络应用（如：www、ftp、E-mail 等）

13）简单的网络安全知识

14）数据、数据库、数据库管理系统的概念

15）常用的 SQL 语言

16）数据库的并发技术、安全技术、恢复技术

17）主流数据库管理系统软件的基本操作

第二部分：GIS 原理

第一章　GIS 的基本知识

1、 GIS 的基本概念、定义、研究内容

1.1、信息、数据、地理信息

信息是用数字、文字、符号、语言、图形、图像、声音等介质来向人们或机器提供关于现实世界各种知识。信息具有客观性、适用性、可传输性和共享性等特征。信息来源于数据。

数据是一种未经加工的原始资料，格式依赖计算机系统。数据是指能被计算机进行处理的一切对象，包括数字、文字、符号、图形、图像等。数据是客观对象的表示，而信息则是数据内涵的意义，是数据的内容和解释。信息与数据是不可分离的，信息来源于数据。即信息是数据的内涵，是数据的内容和解释。也就是说数据是信息的载体，只有理解了数据的含义，才能得到数据中所包含的信息。信息可以离开信息系统而独立存在，也可以离开信息系统的各个组成和阶段而独立存在；而数据的格式往往与计算机系统有关，并随载荷它的物理设备的形式而改变。数据是原始事实，而信息是数据处理的结果。不同知识、经验的人，对于同一数据的理解，可得到不同信息。

地理信息是指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、图像和图形的总称。地理信息是指直接或间接与地理空间位置分布、时间发展相关的信息总和。地理信息属于空间信息，它是对表达地理特征与地理现象之间关系的地理数据的解释。而地理数据则是各种地理特征和现象间关系的符号化表示，包括空间位置、属性特征及时域特征三部分。空间位置数据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；属性数据是描述地物特征的定性或定量指标；时域特征是指地理数据采集或地理现象发生的时刻或时段。空间位置、属性及时间是地理空间分析的三大基本要素。地理信息属于空间信息，具有多维结构特征，即在二维空间的基础上实现多专题的第三维结构。

1.2、GIS 的基本概念

地理信息系统（Geographic Information System 或 Geo－Information system，GIS）有时又称为“地学信息系统”或“资源与环境信息系统”。它是一种特定的十分重要的空间信息系统。它是在计算机硬、软件系统支持下，对整个或部分地球表层（包括大气层）空间中的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。地理信息系统处理、管理的对象是多种地理空间实体数据及其关系，包括空间定位数据、图形数据、遥感图像数据、属性数据等，用于分析和处理在一定地理区域内分布的各种现象和过程，解决复杂的规划、决策和管理问题。

通过上述的分析和定义可提出 GIS 的如下基本概念：

1、GIS 将地理环境的各种要素，包括它们的空间位置形状及分布特征和与之有关的社会、经济等专题信息以及这些信息之间的联系等进行获取、组织、存储、检索、分析，并在管理、规划与决策中应用。

2、GIS 的物理外壳是计算机化的技术系统，它又由若干个相互关联的子系统构成，如数据采集子系统、数据管理子系统、数据处理和分析子系统、图像处理子系统、数据产品输出子系统等，这些子系统的优劣、结构直接影响着 GIS 的硬件平台、功能、效率、数据处理的方式和产品输出的类型。

3、GIS 的操作对象是空间数据，即点、线、面、体这类有三维要素的地理实体。空间数据的最根本特点是每一个数据都按统一的地理坐标进行编码，实现对其定位、定性和定量的描述、这是 GIS 区别于其它类型信息系统的根本标志，也是其技术难点之所在。

4、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的数据库管理系统（来自美国国家地理信息与分析中心）。

5、由于 GIS 本身也是一们科学，也是一种软件、同时还是一种服务。所以也有很多学者将地理信息系统（GIS)解释为 Geographic information science\software\service.

GIS 按研究的范围大小可分为全球性的、区域性的和局部性的；按研究内容的不同可分为综合性的与专题性的。同级的各种专业应用系统集中起来，可以构成相应地域同级的区域综合系统。在规划、建立应用系统时应统一规划这两种系统的发展，以减小重复很费，提高数据共享程度和实用性。

1.3、GIS 的主要研究内容

(1) 输入：大多数的地理数据是从地图输入 GIS ,常用的方法是数字化和扫描。

目前 GIS 的输入正在越来越多地借助非地图形式,遥感就是其中的一种形式,遥感数据已经成为 GIS 的重要数据来源。地理数据采集的另一项主要进展是 GPS 技术。

(2) 存储:GIS 中的数据分为栅格数据和矢量数据两大类,如何在计算机中有效存储和管理这两类数据是 GIS 的基本问题。大多数的 GIS 系统中采用了分层技术,即根据地图的某些特征,把它分成若干层，整张地图是所有层叠加的结果。在与用户的交换过程中只处理涉及到的层,而不是整幅地图,因而能够对用户的要求作出快速反应。

(3) 地理数据的操作和分析：GIS 中对数据的操作提供了对地理数据有效管理的手段。对图形数据(点、线、面) 和属性数据的增加、删除、修改等基本操作大多可借鉴 CAD 和通用数据库中的成熟技术。通过 GIS 提供的空间分析功能,用户可以从已知的地理数据中得出隐含的重要结论,这对于许多应用领域是至关重要的。

(4) 输出：将用户查询的结果或是数据分析的结果以合适的形式输出是 GIS 问题求解过程的最后一道工序。输出形式通常有两种:在计算机屏幕上显示或通过绘图仪输出。

1.4、GIS 的特点

1）空间可视化

空间地物轮廓特征的可视化

信息系统是对现实世界的计算机模拟，而地理信息系统则突出了它对现实世界空间关系的模拟。使我们对于在空间中各事物的状态有一个非常直观的感受。无论是在屏幕上展示一幅可以无级缩放和信息查询的地图，还是展现一幅三维的地形模型，都使我们对现实世界空间关系的认识更为直观、具体。或许我们可以用计算机科学中常用的“所见即所得”一词来解释这一点。

具有空间参照特点的地物专题属性信息的可视化

地理信息系统的空间可视化功能还包括对空间分布地物的属性信息的图形可视化，这一点是由地理信息系统的一个重要特征来保证的，即 GIS 实现了空间信息和属性信息的集成管理，并能够完善地建立二者之间的联系。例如，利用一张中国的行政区划图，我们可

以从地理信息系统数据库中提取各省、直辖市、自治区 1994 年的人口统计数据，计算人口密度，并按人口密度的分级指标指定不同的色彩和填充方式显示行政区所对应的图斑(这实现上是一个从属性到空间的关联过程)，这样空间地物的专题属性特征就可以通过地理信息系统工具实现具有空间参照信息的可视化。

2）空间导向

利用地理信息系统，我们不仅可以纵览研究区域的全域，还可以利用缩放和漫游等 GIS 所提供的基本功能深入到我们更感兴趣的区域去研究。一个完善的地理信息系统提供了空间数据库功能，使用我们可以以小比例尺查看全局，以中比例尺查看局部，以大比例尺查看细部。在比例尺不断增大的同时，展现给用户的空间信息内容会不断更新。例如在浏览一个行政省全局时，只需要显示大的河流、省级公路铁路以及市县级行政分区图斑等全局信息，而随着比例尺的不断增大，就需要显示宗地、建筑物、公园等具体的空间地物。这些与地图学中强调的制图综合的概念是相似的。地理信息系统的空间导向功能还可以从空间查询功能中得到体现。利用一张省级土地利用图，可以通过空间查询找到“城市中的公园”，并即时将地图的显示范围缩放到所有“公园”空间分布的范围内，这样同样是空间导向作用的体现。

3）空间思维

地理信息系统的空间数据库在存储各地物空间描述信息的同时，还存储了地物之间的空间关系，这一特点为进行空间分析提供了基础。

地理信息系统的空间思维，就是要利用 GIS 数据库中已经存储的信息，通过 GIS 的工具(例如缓冲区分析、叠置分析)，生成 GIS 空间数据库中并求存储的信息。

地理信息系统将许多空间分析工具集成起来，并提供二次开发工具。在进行空间分析时，用户将各种分析工具按所研究领域的专业模型组织成一个程序(即计算机可以识别和操作的思路)，交由地理信息系统完成，最后提供空间可视化的分析结果。

地理信息系统的空间思维功能使我们能够揭示空间关系、空间分布模式和空间发展趋势等其它类型信息系统所无法完成的任务。

2、GIS 的组成

一个实用的 GIS，要支持对空间数据的采集、管理、处理、分析、建模和显示等功能，其基本结构一般包括以下 5 个部分：系统硬件、系统软件、空间数据、应用人员和应用模型。

他们之间的关系如下图 2-1 所示：

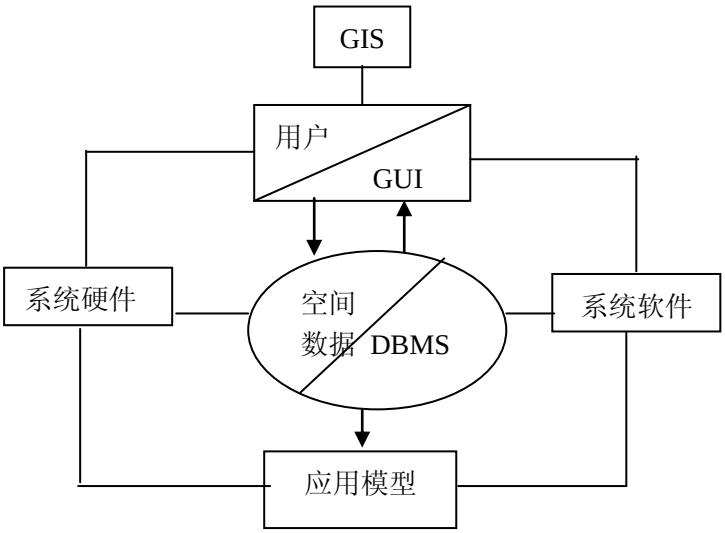


图 2-1　GIS 的组成

2.1、系统硬件

计算机硬件是计算机系统中的实际物理装置的总称，可以是电子的、电的、磁的、机械的、光的元件或装置，是 GIS 的物理外壳，系统的规模、精度、速度、功能、形式、使用方法甚至软件都与硬件有极大的关系，受硬件指标的支持或制约。GIS 由于其任务的复杂性和特殊性，必须由计算机设备支持。GIS 硬件配置一般包括四个部分：

1、计算机主机；

2、数据输入设备：数字化仪、图像扫描仪、手写笔、光笔、键盘、通讯端口等；

3、数据存贮设备：光盘刻录机、磁带机、移动硬盘、磁盘阵列等；

4、数据输出设备：笔式绘图仪、喷墨绘图仪（打印机）、激光打印机等。

2.2、计算机软件系统

指 GIS 运行所必需的各种程序，通常包括：

1、计算机系统软件

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、诊断程序、库程序以及各种维护使用手册、程序说明等，是 GIS 日常工作所必需的。

2、地理信息系统软件和其他支撑软件

可以是通用的 GIS 软件也可包括数据库管理软件、计算机图形软件包、CAD、图像处理软件等。

GIS 软件按功能可分为以下几类：

（1）数据输入：将系统外部的原始数据(多种来源、多种形式的信息)传输给系统内部，并将这些数据从外部格式转换为便于系统处理的内部格式的过程。如将各种已存在的地图、遥感图象数字化，或者通过通讯或读磁盘、磁带的方式录入遥感数据和其他系统已存在的数据，还包括以适当的方式录入各种统计数据、野外调查数据和仪器记录的数据。

数据输入方式与使用的设备密切相关，常有三种形式：①手扶跟踪数字化仪的矢量跟踪数字化。它是通过人工选点或跟踪线段进行数字化，主要输入有关图形点、线、面的位置坐标。②扫描数字化仪的光栅扫描数字化，主要输入有关图像的网格数据。③键盘输入，主要输入有关图像、图形的属性数据(即代码、符号)，在属性数据输入之前，须对其进行编码。

（2）数据存贮与管理：数据存储和数据库管理涉及地理元素（表示地表物体的点、线、面）的位置、连接关系及属性数据如何构造和组织等。用于组织数据库的计算机系统称为数据库管理系统（DBMS)。空间数据库的操作包括数据格式的选择和转换、数据的连接、查询、提取等。

（3）数据分析与处理：指对单幅或多幅图件及其属性数据进行分析运算和指标量测，在这种操作中，以一幅或多幅图作为输入，而分析计算结果则以一幅或多幅新生成的图件表示，在空间定位上仍与输入的图件一致，故可称为函数转换、空间函数转换可分为基于点或象元的空间函数，如基于象元的算术运算、逻辑运算或繁类分析等；基于区域、图斑或图例单位的空间函数，如叠加分类、区域形状量测等；基于邻域的空间函数．如象元连通性、扩散、最短路径搜索等。量测包括对面积、长度、体积、空间方位、空间变化等指标的计算。函数转换还包括错误改正、格式变性和预处理。

（4）数据输出与表示模块：输出与表示是指将地理信息系统内的原始数据或经过系统分析、转换、重新组织的数据以某种用户可以理解的方式提交给用户如以地图、表格、数字或曲线的形式表示于某种介质上，或采用 CRT（Cathode Ray Tub）显示器、胶片拷贝、点阵打印机、笔式绘图仪等输出，也可以将结果数据记录于磁存贮介质设备或通过通讯线路传

输到用户的其他计算机系统。

（5）用户接口模块：该模块用于接收用户的指令、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。系统通过菜单方式或解释命令方式接收用户的输入。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，用户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。

3、应用分析程序

是系统开发人员或用户根据地理专题或区域分析模型编制的用于某种特定应用任务的程序，是系统功能的扩充与延伸。在优秀的 GIS 工具支持下，应用程序的开发应是透明的和动态的，与系统的物理存贮结构无关，而随着系统应用水平的提高不断优化和扩充。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的实用性、优劣和成败。

2.3、空间数据

地理信息系统的操作对象是空间数据，它具体描述地理实体的空间特征、属性特征和时间特征。空间特征是指地理实体的空间位置及其相互关系;属性特征表示地理实体的名称、类型和数量等；时间特征是指实体随时间而发生的相关变化。

根据地理实体的空间图形表示形式，可将空间数据抽象为点、线、面三类元素，它们的数据表达可以采用矢量和栅格两种组织形式，分别称为矢量数据结构和栅格数据结构。

地理空间数据是指以地球表面空间位置为参照的自然、社会和人文景观数据，可以是图形、图像、文字、表格和数字等，由系统的建立者通过数字化仪、扫描仪、键盘、磁带机或其他通讯系统输入 GIS，是系统程序作用的对象，是 GIS 所表达的现实世界经过模型抽象的实质性内容。不同用途的 GIS 其地理空间数据的种类、精度都是不同的，但基本上都包括三种互相联系的数据类型：

1、某个已知坐标系中的位置

即几何坐标，标识地理实体在某个已知坐标系（如大地坐标系、直角坐标系、极坐标系、自定义坐标系）中的空间位置，可以是经纬度、平面直角坐标、极坐标，也可以是矩阵的行、列数等。

2、实体间的空间相关性

即拓扑关系，表示点、线、面实体之间的空间联系，如网络结点与网络线之间的枢纽关系，边界线与面实体间的构成关系，面实体与岛或内部点的包含关系等。空间拓扑关系对于地理空间数据的编码、录入、格式转换、存贮管理、查询检索和模型分析都有重要意义，是地理信息系统的特色之一。

3、与几何位置无关的属性

即常说的非几何属性或简称属性（Attribute），是与地理实体相联系的地理变量或地理意义。属性分为定性和定量的两种，前者包括名称、类型、特性等，后者包括数量和等级，定性描述的属性如岩石类型、土壤种类、土地利用类型、行政区划等，定量的属性如面积、长度、土地等级、人口数量、降雨量、河流长度、水土流失量等。非几何属性一般是经过抽象的概念，通过分类、命名、量算、统计得到。任何地理实体至少有一个属性，而地理信息系统的分析、检索和表示主要是通过属性的操作运算实现的，因此，属性的分类系统、量算指标对系统的功能有较大的影响。

2.4、应用人员

GIS 应用人员包括系统开发人员和 GIS 技术的最终用户，他们的业务素质和专业知识是 GIS 工程及其应用成败的关键。

GIS 的开发是一项以人为本的系统工程，包括用户机构的状况分析和调查、机构 GIS 系统开发目标的确定、系统开发的可行性分析、系统开发方案的选择和总体设计书的撰写等。开发人员要特别重视对用户机构的状况和要求进行具体分析，切忌只注意技术的细节。

在使用 GIS 时，应用人员不仅需要对 GIS 技术和功能有足够的了解，而且需要具备有效、全面和可行的组织管理能力。尤其在当前 GIS 技术发展十分迅速，为使现行系统始终处于优化的运作，其组织管理和维护的任务包括：GIS 技术和管理人员的技术培训、硬件设备的维护和管理、软件功能扩充和升级、数据共享性建设等。

2.5、应用模型

虽然 GIS 为解决各种现实问题提供了有效的基本工具，但对于某一专门应用目的的解决，必须通过构建专门的应用模型，例如土地利用适宜性模型、公园选址模型、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、影响模型等。

构建应用模型，首先必须明确用 GIS 求解问题的基本流程，其次根据模型的研究对象和应用目的，确定模型的类别、相关的变量、参数和算法，构建模型逻辑结构图；然后确定 GIS 空间操作项目和空间分析方法；最后是模型运行结果验证、修改和输出。

3、GIS 的发展过程

3.1、国际发展状况

纵观 GIS 发展，可将地理信息系统发展分为以下几个阶段：

1、地理信息系统的开拓期（60 年代）

当 50 年代末和 60 年代初，计算机获得广泛应用以后，很快就被应用于空间数据的存储和处理，使计算机成为地图信息存储和计算处理的装置，将很多地图转换为能被计算机利用的数字形式，出现了地理信息系统的早期雏形。1963 年，加拿大测量学家 R.F.Tomlinson 首先提出了地理信息系统这一概念，并建立了世界上第一个实用的地理信息系统——加拿大地理信息系统（CGIS），用于自然资源的管理和规划。这时地理信息系统的特征是和计算机技术的发展水平联系在一起的，表现在计算机存储能力小，磁带存取速度慢。机助制图能力较强，地学分析功能比较简单，实现了手扶跟踪的数字化方法，可以完成地图数据的拓扑编辑，分幅数据的自动拼接，开创了格网单元的操作方法，发展了许多面向格网的系统。例如哈佛大学的 SYMAP 是最著名的一例，另外还有 GRID、MLMIS 等系统。所有这些处理空间数据的主要技术，奠定了地理信息系统发展的基础。这一时期，地理信息系统发展的另一显著标志，是许多有关的组织和机构纷纷建立，例如 1966 年美国成立城市和区域信息系统协会(URISA)，1969 年又建立州信息系统全国协会(NASIS)，国际地理联合会(1GU)于 1968 年设立了地理数据收集和处理委员会(CGDSP)。这些组织和机构的建立，对于传播地理信息系统

的知识和发展地理信息系统的技术，起了重要的指导作用。

2、地理信息系统的巩固发展期（70 年代）

在 70 年代，计算机发展到第三代，随着计算机技术迅速发展，数据处理速度加快，内存容量增大，而且输入、输出设备比较齐全，推出了大容量直接存取设备—磁盘，为地理数据的录入、存储、检索、输出提供了强有力的手段，特别是人机对话和随机操作的应用，可以通过屏幕直接监视数字化的操作，而且制图分析的结果能很快看到，并可以进行实时的编辑。这时，由于计算机技术及其在自然资源和环境数据处理中的应用，促使地理信息系统迅速发展。例如从 1970 年至 1976 年，美国地质调查所就建成 50 多个信息系统，分别作为处理地理、地质和水资源等领域空间信息的工具。其它如加拿大、联邦德国、瑞典和日本等国也先后发展了自己的地理信息系统。地理信息系统的发展，使一些商业公司开始活跃起来，软件在市场上受到欢迎。在此期间，曾先后召开了一系列地理信息系统的国际讨论会，国际地理联合会先后于 1979 年和 1972 年两次召开关于地理信息系统的学术讨论会，1978 年 FIG 规定第三委员会的主要任务是研究地理信息系统，同年在联邦德国达姆斯塔特工业大学召开了第一次地理倍息系统讨论会等等。这期间，许多大学(例如美国纽约州立大学布法罗校区等)开始注意培养地理信息系统方面的人材；创建了地理信息系统实验室。一些商业性的咨询服务公司开始从事地理信息系统工作。总之，地理信息系统在这时受到了政府部门、商业公司和大学的普遍重视。这个时期地理信息系统发展的总体特点是：地理信息系统在继承 60 年代技术基础之上，充分利用了新的计算机技术，但系统的数据分析能力仍然很弱；在地理信息系统技术方面未有新的突破；系统的应用与开发多限于某个机构；专家个人的影响削弱，而政府影响增强。

3、地理信息系统技术大发展时期（80 年代）

由于大规模和超大规模集成电路的问世，推出了第四代计算机，特别是微型计算机和远程通讯传输设备的出现为计算机的普及应用创造了条件，加上计算机网络的建立，使地理信息的传输时效得到极大的提高。在系统软件方面，完全面向数据管理的数据库管理系统(DBMS)通过操作系统(OS)管理数据，系统软件工具和应用软件工具得到研制，数据处理开始和数学模型、模拟等决策工具结合。地理信息系统的应用领域迅速扩大，从资源管理、环境规划到应急反应，从商业服务区域划分到政治选举分区等，涉及到了许多的学科与领域，如古人类学、景观生态规划、森林管理、土木工程以及计算机科学等。这时期，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，

如美国于 1987 年成立了国家地理信息与分析中心（NCGIA），英国于 1987 年成立了地理信息协会。同时，商业性的咨询公司、软件制造商大量涌现，并提供系列专业化服务。地理信息系统不仅引起工业化国家的普遍兴趣，例如英、法、联邦德国、挪威、瑞典、荷兰、以色列、澳大利亚、苏联等国都在积极解决地理信息系统的发展和应用，而且不再受国家界线的限制，地理信息系统开始用于解决全球性的问题。

4、地理信息系统的应用普及时代（90 年代）

由于计算机的软硬件均得到飞速的发展，网络已进入千家万户，地理信息系统已成为许多机构必备的工作系统，尤其是政府决策部门在一定程度上由于受地理信息系统影响而改变了现有机构的运行方式、设置与工作计划等。另外，社会对地理信息系统认识普遍提高，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，美国副总统戈尔提出的“数字地球”战略也包括地理信息系统。毫无疑问，地理信息系统将发展成为现代社会最基本的服务系统。

3.2、国内发展状况

我国 GIS 的发展较晚，经历了四个阶段：即起步(1970-1980)、准备(1980-1985)、发展(1985-1995)、产业化(1996 年以后)阶段。

1、GIS 起步阶段

主要进行舆论准备，正式提出倡议，开始组建队伍，培养人才，组织个别试验研究。机助制图和遥感应用，为 GIS 的研究和应用做了技术上和理论上的准备。

2、准备阶段

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试验研究。

3、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、研究中心和试验室。

地理信息系统进入发展阶段的标志是第七个五年计划开始。地理信息系统研究作为政府行为，正式列入国家科技攻关计划，开始了有计划、有组织、有目标的科学研究、应用实验和工程建设工作。许多部门同时展开了地理信息系统研究与开发工作。如全国性地理信息系统（或数据库）实体建设、区域地理信息系统研究和建设、城市地理信息系统、地理信息系统基础软件或专题应用软件的研制和地理信息系统教育培训。通过近五年的努力，在地理信息系统技术上的应用开创了新的局面，并在全国性应用、区域管理、规划和决策中取得了实际的效益。

4、产业化阶段

自 90 年代起，地理信息系统步入快速发展阶段。执行地理信息系统和遥感联合科技攻关计划，强调地理信息系统的实用化、集成化和工程化，力图使地理信息系统从初步发展时期的研究实验、局部实用走向实用化和生产化，为国民经济重大问题提供分析和决策依据。努力实现基础环境数据库的建设，推进国产软件系统的实用化、遥感和地理信息系统技术一体化。在地理信息系统的区域工作重心上，出现了"东移"和"进城"的趋向，促进了地理信息系统在经济相对发达、技术力量比较雄厚、用户需求更为急迫的地区和城市首先实用化。这期间开展的主要研究及今后尚需进一步发展的领域有：重大自然灾害监测与评估系统的建设和应用；重点产粮区主要农作物估产；城市地理信息系统的建设与应用；建立数字化测绘技术体系；国家基础地理信息系统建设与应用；专业信息系统与数据库的建设和应用；基础通用软件的研制与建立；地理信息系统规范化与标准化；基于地理信息系统的数据产品研制与生产。同时经营地理信息系统业务的公司逐渐增多。

总之，中国地理信息系统事业经过十年的发展，取得了重大的进展。地理信息系统的研究和应用正逐步形成行业，具备了走向产业化的条件。

3.3、我国 GIS 应用的现状及趋势

人类所接触的信息中有 80%以上与 GIS 相关，GIS 的迅猛发展已经让越来越多的人意识到地理空间信息系统的重要性，GIS 已成为 IT 产业重要的组成部分。尽管大众对 GIS 相对比较陌生，但 GIS 的应用已经涵盖了国土、地矿、环保、城建、能源、国防、军事、航天等应用领域，而在与普通大众息息相关的公共设施管理、道路交通、电力供应、资源

管理、城市规划、政府决策、大众服务等方面更发挥着越来越大的作用。

随着 GIS 技术的逐步成熟和推广应用，GIS 应用新趋势呈现多层次全方位发展。它不再局限于探讨 GIS 技术本身，不再全力以赴只在计算机软件工程上投入资源，而是要把大量精力集中到怎样应用上，通过一个整合的框架、分析方法和表达方式，为 GIS 提供系统化的知识，并且只将 GIS 作为一种系统平台和使用工具对待。这些体现出了 GIS 发展成果为全社会共享的新进展。而现代的 GIS 技术，通过 GIS 技术与地理科学研究的结合，很多和地理相关的科研部门正在利用 GIS 把他们多年来积累的地理科学模型转化为计算机数字模型，同时在 GIS 技术平台上衍生出大量的新功能、新模型，可以有效地解决世界上大量的地理问题。

目前我国 GIS 应用有两个主要方向：一个方向是政府和企业级应用、另一个方向就是基于 GIS 平台的公众服务。GIS 在政府和企业应用中已经迈出了一大步，在互联网服务领域，GIS 也一直在探索出路，特别是近几年，随着基础地理数据库建设的完成，GIS 的大众化应用已经悄然走进了大众的生活。可以说，GIS 在各行业中的应用，极大的促进了我国信息化建设的进程。

4、GIS 与其他学科或技术的关系

GIS 技术综合，主要体现在与其它信息技术的综合上，我们常说的“3S”就是 GIS、GPS、RS 的一体化，现在的 GIS 已经远远超出了这些，它已经与 CAD、多媒体、Internet、办公自动化、虚拟现实等多种技术结合，形成综合的信息技术。综合是 GIS 技术开发和应用值得注意的重要方向。

4.1、GIS 与地理学及地学数据处理系统

地理学为 GIS 提供了有关空间分析的基本观点与方法，是地理信息系统的基础理论依托。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。

地学数据处理系统是以地学数据的收集、存贮、加工、集成、再生成等数据处理为目标，为地理信息系统提供符合一定标准和格式数据的信息系统。⑴作为 GIS 的外部数据处理，为

GIS 准备数据，如遥感校正。⑵作为 GIS 内部数据处理，已成为 GIS 空间分析的有机组成部分。

4.2、GIS 与地图学及电子地图

GIS 始于地图学，并成为地图信息的又一种新的载体形式。地图是 GIS 重要数据来源之一。地图学理论与方法对 GIS 有重要的影响。地图强调的是数据分析、符号化与显示，而地理信息系统则注重于信息分析。

与传统地图集相比，电子地图（EMS）有许多新的特征： 1.声、图文、多媒体集成。 2.查询检索和分析决策功能。 3.图形动态变化功能。 4.良好用户界面、读者可以介入地图生成。 5.多级比例尺的相互转换。

一个好的电子制图系统应具有地理信息系统的所有功能，且其拥有更强的空间信息表达与显示功能。

4.3、地理信息系统与 CAD、GPS、RS 等的结合

1、桌面制图

桌面制图系统用地图来组织数据和用户交互。这种系统的主要目的是产生地图：地图就是数据库。大多数桌面制图系统只有及其有限的数据管理、空间分析以及个性化能力。桌面制图系统在桌面计算机上进行操作，例如 PC 机，Macintosh 以及小型 UNIX 工作站。

2、计算机辅助设计 CAD

计算机辅助设计(CAD)系统促进了产生建筑物和基本建设的设计和规划。这种设计需要装配固有特征的组件来产生整个结构。这些系统需要一些规则来指明如何装配这些部件，并具有非常有限的分析能力。CAD 系统已经扩展可以支持地图设计，但管理和分析大型的地理数据库的工具很有限。

3、DBMS 数据库管理系统

数据库管理系统专门研究如何存储和管理所有类型的数据，其中包括地理数据。DBMS

使存储和查找数据最优化，许多 GIS 为此而依靠它。相对于 GIS 而言，它们没有分析和可视化的工具。

4．GIS 与遥感

遥感是一门使用传感器对地球进行测量的科学和技术，例如，飞机上的照相机，全球定位系统（GPS）接收器，或其他设备。这些传感器以图象的格式收集数据，并为利用、分析和可视化这些图象提供专门的功能。由于它缺乏强大的地理数据管理和分析作用，所以不能叫作真正的 GIS。

5.GIS 与 GPS

GPS 在 GIS 中的应用常常分为两种情况：一是直接用 GPS 技术对 GIS 的空间数据作实时更新和采集；二是把 GPS 接收机的实时差分定位技术与 GIS 的电子地图相结合，组合成各种电子导航系统。另外，GPS 还可以为 GIS 中空间数据的采集提供辅助的定位数据。

5、GIS 软件的类型及分类

GIS 软件是系统的核心，关系到该系统性能的优劣以及将来可能的项目的成败。GIS 的外观表现为计算机的硬软件系统，而内涵则是由计算机程序和数字化的地理数据组成的地理实体空间信息模型。

现在世界上已开发的 GIS 软件有几百种，使用比较广泛的也有几十中之多。从用户的角度出发可以将 GIS 软件分为以下两大类：

（1）实用型地理信息系统或者称为面向项目的信息系统（project—oriented Information System）。这是一类有具体应用目标，为特定区域或者专题（专业）的管理决策服务的实用 GIS。

（2）工具型地理信息系统或者称为面向管理的地理信息系统（Management—Oriented GIS）。这类系统一般没有具体的应用目标，基本上是一种系统支撑软件供建立实用的 GIS 之用。它具有对计算机硬件适应性强，数据管理和操作分析效率高、功能较完善且易于扩展和商品化等特点。其最大的特点是在建立、维护和更新数据等工作时，都遵循一定的规范和标准，系统的数据字典和用户手册等文档完备，因此这种系统能够与处于同一层次或不同层

次上的其他系统构成体系，并与它们实现数据及功能的共享和交流。

6、GIS 行业基本知识

6.1、地理信息产业的政策支持

地理信息产业，是以现代测绘技术和信息技术为基础发展起来的综合性产业。既包括 GIS(地理信息系统)产业、卫星定位与导航产业、航空航天遥感产业，也包括测绘业和地理信息技术的专业应用，还包括 LBS(基于位置服务)、地理信息服务和各类新兴技术及其应用。为促进我国 GIS 产业又好又快地发展，国家首次将地理信息产业列入了《中国国民经济与社会发展第十一个五年规划纲要》,《国家测绘事业第十一个五年规划纲要》也将“加强地理信息社会化应用，繁荣地理信息产业”列为了十一五期间的主要任务之一。然而，地理信息产业作为一项新兴的高新技术产业，其快速发展，也必将对我国 GIS 专业技术人才的职业素质提出了更高的要求。为了进一步加强专业技术人才队伍建设，加快使用型 GIS 应用队伍人才培养，2008 年 1 月 10 日，信息产业部电子人才交流中心发布了《关于组织开展“全国信息化工程师--- GIS 应用水平考试”工作的通知》,并决定在全国范围内组织开展“全国信息化工程师--- GIS 应用水平考试”项目。

6.2、地理信息产业的发展现状

2008 年我国地理信息产业产值已达到 500 亿元，地理信息产业从业人员超过 3 0 万，相关企事业单位超过 1 万家，从事 GIS 教育的院校和相关单位有 200 所，每年毕业的学生近万人。我国已经形成了从大型基础平台软件到各类应用软件的全系列地理信息系统软件产品，形成了超过 5 0 0 家的企业群体，在国土资源管理、城市管理、电信资源管理、森林防火管理、电力资源管理、煤炭矿井测量与安全生产管理、水土保持管理等多个应用领域发挥了主力军的作用；国产车载导航定位软件质量优异，已经在国内市场中占据了相当的份额；遥感软件也在努力向市场化方向前进，取得了可喜成果。软件的国产化率迅速增长 ，国产 GIS 平台软件的技术水平已经与国外同类软件相当 。2007 年度测评软件 GIS 类已达 35 个。

地理信息已经在国民经济和社会发展的各个方面得到应用，如政府决策、城市规划、环境监测、卫生防疫、社会经济统计、人口计生、公安指挥、资源管理、交通管理、地籍管理、

房地产管理、基础设施管理、电信电力资源管理、物流管理以及位置服务等等诸多方面。GIS 应用正在朝着企业应用方向发展，如自来水、电信等行业在内的许多企业开始大量采用 GIS 和遥感技术。而在卫星导航应用中，企业已经成为做大地理信息产业的主体，如导航、监控、航海和信息服务领域。

2008 年 GIS 在奥运、抗震救灾、航天等领域得到了深入应用，产生了良好的社会效益和经济效益。2008 年 MAPGIS 为我国“神七”航天员安全返回地面，成功地建立了“搜索求援辅助决策系统”服务；2008 年中国地理信息系统协会、国家遥感中心、中地数码集团将价值 1000 万元人民币的地理信息系统软件（MAPGIS 软件）及设备捐赠给正在组织实施抗震救灾活动的中国地震局。2008 仅北京、四川、陕西、广东、甘肃、重庆、武汉的 79 家 GIS 协会会员单位，直接投入近万人为抗震救灾、奥运保障服务，并无偿提供了大量的卫星遥感影像图、各种比例尺的地形地貌图、地质灾害图、交通图和海量的地理信息数据、GIS 软件和服务平台、加上职工的捐献，总价值超亿元。

此外，近年来一大批 GIS 产业基地也陆续开工建设。2007 年 6 月国家测绘局、国务院信息化工作办公室、黑龙江人民政府签订共建协议，建设黑龙江地理信息产业园，园区占地 2 7 万平方米；2007 年 10 月开工，由武汉中地数码集团投资的中国地质大学 GIS 深圳产业化基地动工建设，项目总投资 1.2 亿，建筑面积 36252 平方米；2007 年 12 月，国家遥感中心、西安高新区共同签定协议，总投资 7 亿人民币建设西安导航产业基地；2009 年 2 月，中地数码集团与天津保税区签定协议，将在空港物流加工区投资 1.2 亿元，建设中地数码集团天津研发中心、国家地理信息工程技术中心、中国地质大学滨海信息研究院。

6.3、地理信息产业发展的机遇与挑战

目前，GIS 技术应用涉及面非常宽泛，大到对全球问题的关注，如全球变暖、环境污染、厄尔尼诺现象等，远到太空如火星、月球，小到如精准农业各个地块、公园中的每一棵树，快速反应到火警、交通事故等等不胜枚举。一方面 GIS 的功能越来越强、系统越来越完善，另一方面，地球和人类面临的问题也越来越严峻、复杂，例如人口增长、资源与需求等矛盾。人类社会的需求越来越迫切，要求越来越高，GIS 将会面临越来越多的挑战。与此同时，政策的支持、技术的创新、市场的扩大、企业的成熟、教育的跟进实际上也为我们地理信息产业的发展提供了无数机遇。

目前，我国在激烈的国际竞争下，面临着的困难与挑战主要表在以下几个方面：

1） 数据采集的依赖

在遥感数据方面，我国目前使用的卫星遥感数据 90%以上来自美国、法国、加拿大等国家。高空间分辨率和高光谱卫星、全天候雷达卫星数据我国尚属空白。提升技术创新能力，促进技术成果的转化，已显得非常迫切。此外，基础数据不完善也是影响我国地理信息产业发展的重要制约因素。

2）大众化应用依然处于初级阶段

经过众多国内企业的不懈努力，中国 GIS 产业取得了长足发展。中国在最新的‘第四代 GIS 技术’方面已达到国际先进水平，我国在大型、超大型 GIS 应用工程上长期依赖国外软件的历史一去不复返。然而，GIS 技术大众化应用的路还很长，与国外相对成熟的 GIS 相比，我国 GIS 大众化应用依然处在初级阶段，这与本身的技术门槛、社会认知度及大环境有关。”如何推动我国 GIS 产业的发展、促进 GIS 更好地应用；如何让国民意识到 GIS 的重要意义，如何培养大众 GIS 的思维模式，都将是未来我国 GIS 企业、机构、院校共同努力的目标。

3）企业规模较小，企业与企业之间缺少交流，没有形成协作氛围

目前我国已经形成了 500 家 GIS 企业群体，但是具有一定规模，在市场上对国外软件能造成威胁的 GIS 平台厂家还比较少。较小规模的 GIS 企业在项目建设中与国内大公司的合作与交流比较频繁，但规模企业之间的交流与合作还远远不够。这在一定程度上造成了社会成本的增加，并客观上削弱了我国地理信息产业应对巨大国际竞争的能力。

4）另外，GIS 标准化的滞后、GIS 教育与产业发展的不适应，都是我们需要积极面对，努力应对的。

6.4、国内外常见的 GIS 软件

对于国外软件来说，由于 GIS 技术研究起步早，软件产品已经相当成熟。美国环境研究所（ESRI）的 ArcGIS、MIS 公司的 MapInfo 等都是有名的国外 GIS 软件。它们在全球占有较大的市场，知明度较高。

对于国内软件来说，虽然 GIS 研究自上世纪八十年代初才开始，但经过九十年代的快速发展，已经产生了一批具有自主知识产权的 GIS 基础软件。这些软件在功能上与国外软件的差距正在缩小，部分性能甚至已经超越了国外软件，因而具有更高的性价比。目前，

国内最具影响力的 GIS 软件主要有中地公司的 MapGIS、吉奥公司的 GeoStar 和超图公司的 SuperMAP。

ArcGIS 是美国环境系统研究所（ESRI 公司）开发具有代表性的产品，ESRI 公司成立于 1969 年。产品将近四十年历史，功能强大，产品在国际影响较大、产品在世界上占有较强的份额。

MapInfo：是 1986 年美国纽约州 Troy 市新成立的一家地理信息系统专业软件公司开发定位的桌面地图系统，地图可视化方面拥有全球较大量的用户群。MapInfo 是一个界于 CAD 与 GIS 之间的系统，主要功能偏向于桌面可视化与数据管理，缺乏 GIS 拓扑分析与管理能力，而且图形处理能力稍差。

MAPGIS：MapGIS 起源二十世纪八十年未，产品有近二十年历史，使用面向对象技术和全组件化技术，功能强大，速度快，效率高，产品技术一直处于国际先进水平。率先推出面向服务的分布式多层结构的代表世界最新技术的第四代 GIS，特别是推出搭建式开发平台(Build Platform)实现零编程的二次开发，同时推出数据中心 Data Center（具有空间数据仓库功能 + 空间构件仓库功能），目前正研制第五代 GIS 产品“网格地理信息系统 GridGIS”。目前 MapGIS 平台最高版本为 7.x。

常见几种 GIS 软件的功能：

ArcGIS 软件

ArcGIS 按组织机构部署配置需求分为：ArcView, ArcEditor, ArcInfo, ArcSDE, ArcIMS, 和 ArcGIS Server。ArcGIS 主要功能有：创建、管理、集成、分析、显示和传播空间数据和地理处理服务。还具有强大的可视化、编辑、分析和数据管理功能，使 ArcGIS 软件家族成为 GIS 软件的领先者。

MapInfo 软件

MapInfo 主要功能：计算机地图制图－输入、编辑、输出，接受和输出其它图形系统的数据（DXF 格式）。

MapGIS 软件

全新的面向地理实体对象的空间数据模型：可描述对象、类、子类、子类型、关系、有效性规则、数据集、地理数据库；非空间关系类型有：关联、继承、组合、依赖；非空间关系的多重性有：1－1、1－M、N－M；实体的空间共生性可实现共享几何实体或空间数据；

完整集成和自动维护空间拓扑关系；同时支持属性域、空间规则、关系规则。

SuperMap 软件

统一的“数据集”支持按几何特征（点、线、面、注记）空间数据与属性数据无缝管理，按地物分类特征的分层定义实现地理数据模型，各种产品之间都使用相同的数据格式，无需任何处理就可以直接使用，与嵌入式产品之间，要进行简单转换就可以直接使用。

6.5、地理信息标准化建设的意义及基本常识

1、地理信息标准化的意义

地理信息是国家信息化建设的重要组成部分，地理信息标准是推动国家空间信息基础设施建设、促进地理信息相关产业发展的重要技术保障。建立一整套从信息获取、处理、存储、交换、共享、管理到应用所适用的标准规范，已成为国家信息化建设的当务之急。

（1）国家信息化发展的需求

地理信息是国家信息化建设的重要组成部分，地理信息标准是推动国家空间信息基础设施建设、促进地理信息相关产业发展的重要技术保障。建立一整套从信息获取、处理、存储、交换、共享、管理到应用所适用的标准规范，已成为国家信息化建设的当务之急。

（2）高新技术成果快速转化为生产力的要求

地理信息高新技术标准是实现地理信息技术转化为生产力的重要环节，是实现地球观测与导航技术、计算机技术、网络技术以及通讯技术等高新技术成果集成应用和产业化的桥梁和纽带。要实现科技创新，推动地理信息应用与产业化发展，加紧制订地理信息技术标准显得越来越迫切。

（3）国家经济利益和信息安全的需求

在关税壁垒逐渐解除后，技术标准已经成为发达国家垄断和控制国际市场、保护和发展本国市场的最有效手段。为打破国外技术壁垒、保护知识产权和保证国家信息安全，加强政府对地理信息获取与使用的规范化和监管，亟待加强地理信息标准化建设。

（4）实现技术支撑和服务公众的需求

据统计，我国全球卫星导航系统(GNSS)车辆跟踪导航的产值已达到 80-100 亿元，基于电子地图的个人移动定位、地理信息查询等服务，已开始走入千家万户，具有巨大的市场潜力。随着我国地理信息技术、产品和服务的不断成熟，以引导、规范和推动地理信息产业发

展为目标，制定符合我国国情和技术发展现状的地理信息标准显得尤为重要。

（5）实质参与国际地理信息标准制定的需求

国际上已经形成一大批地理信息标准，一方面需要通过分析研究，将其中成熟可用的标准快速转化为我国标准，以解急需；另一方面，需要在国际标准中更多地反映中国地理信息技术，提高我国在地理信息国际标准制定中的主动权。

2、地理信息标准化的主要任务

国际地理信息标准化工作大体可分为两部分。

一是以已经发布实施的信息技术（IT）标准为基础，直接引用或者经过修编采用；二是研制地理空间数据标准，包括数据定义、数据描述、数据处理等方面的标准。

3、我国地理信息标准工作的开展

中国理信息标准化技术委员会于 1997 年 12 月 19 日在京成立，全国地理信息标准化技术委员会（以下简称地理信息标委会）是在地理信息领域从事全国性标准化工作的技术组织，主要负责地理信息领域国家标准的规划、协调和技术归口工作，其宗旨是加快我国地理信息标准化步伐，促进地理信息资源建设和应用，推动地理信息共享。国家标准化管理委员会（以下简称国家标准委）委托，国家测绘局负责领导和管理地理信息标委会的工作。主要工作任务:

1）组织地理信息标准体系制定、修订，编制国家地理信息标准化规划。

2）、负责地理信息国家标准项目提案及送审稿的审查，提出审查意见和立项建议；负责相关国家标准的复审工作，提出复审结论。

3）、协助组织地理信息国家标准项目的制定、修订工作。

4）、组织地理信息国家标准的宣传、培训和咨询工作，承担已颁布国家标准实施情况的调查分析工作。根据国家标准委的有关规定，协助进行本专业领域国家标准的对外通报和咨询工作。

5）、承担对重要地理信息工程项目的标准化审查工作；向有关行政主管部门提出本专业领域标准化成果奖励项目的建议。

6）、承担国际标准化组织地理信息技术委员会（ISO/TC211）国内技术归口办公室职责，代表我国提出对相关国际标准提案和文件的意见，积极推荐我国地理信息标准成为国际标准。

7）、组织国内外地理信息标准化学术交流，跟踪、分析、翻译相关国际标准和国外先进标准，并提出采纳国际标准的建议。

8)、承担国家标准委、国家测绘局交办的其他工作

有关最新信息请查看官方网：http://www.gistandard.org.cn/

4、OpenGIS

OpenGIS (Open Geodata Interoperation Specification,OGIS-开放的地理数据互操作规范)由美国 OGC(OpenGIS 协会，OpenGIS Consortium)提出。OGC 是一个非赢利性组织，目的是促进采用新的技术和商业方式来提高地理信息处理的互操作性(Interoperablity),OGC 会员主要包括 GIS 相关的计算机硬件和软件制造商（包括 ESRI, Intergraph,MapInfo 等知名 GIS 软件开发商)，数据生产商以及一些高等院校，政府部门等，其技术委员会负责具体标准的制定工作。

OpenGIS 的目标是，制定一个规范，使得应用系统开发者可以在单一的环境和单一的工作流中，使用分布于网上的任何地理数据和地理处理。它致力于消除地理信息应用（如地理信息系统，遥感，土地信息系统，自动制图/设施管理(AM/FM)系统）之间以及地理应用与其它信息技术应用之间的藩篱，建立一个无“边界”的、分布的、基于构件的地理数据互操作环境，与传统的地理信息处理技术相比，基于该规范的 GIS 软件将具有很好的可扩展性、可升级性、可移植性、开放性、互操作性和易用性。

5、其它有关地理信息系统标准制定组织和标准

1）美国联邦地理数据委员会(FGDC)制定的美国空间数据元数据标准和空间数据转换标准 FGDC 是美国政府机构的一个协调性组织，其主要目的是在全国范围内促进对地理数据的共同开发、使用、共享和传播。空间数据的元数据标准定义了一套数字化地理元数据的内容，并建立了相应的概念和术语，根据该标准的定义，元数据可以从以下七个方面对空间数据进行描述：

（1．1）标识(Indentification)：包括数据名称，开发者，数据描述的区域，专题，现势性，对数据使用的限制等；

（1．2）数据质量(Data Quality)：数据质量的定义，数据精度，完整性，一致性，产生该数据的原始数据以及处理过程；

（1．3）空间数据组织(Spatial Data Organization)：数字编码的空间数据组织方式，空间实体的数目，除空间坐标外其他的属性；

（1．4）空间参照(Spatial Reference)：数据采用的地图投影，存储格式（矢量还是栅格)，水平与垂直的地球参照系，从一种坐标系统转换到另一种坐标系统的方法；

（1．5）实体和属性信息(Entity & Attribute Information)：数据中包括的地理信息，信息的编码方式，编码的意义描述；

（1．6）分发(Distribution)：如何得到数据，数据的格式，存储介质，价格等等；

（1．7）元数据参考信息(Metadata Reference)：该数据何时完成，由谁完成等信息。

2）空间数据转换标准(SDTS-Spatial Data Transfer Standard)是目前美国许多政府部门和商业组织所采用的交换格式标准。SDTS 是一个分层的数据转换模型，定义了数据转换的概念、逻辑和格式三个层次，同时采用元数据来辅助数据转换和评价。

概念层建立了地理要素及其特征的模型，可以是矢量数据也可以是栅格数据，提供了地理要素的标准实体和属性的定义。逻辑层将概念化的地理要素转换成为逻辑化的模型、记录、数据项和子项，它提供了各种空间数据类型和关系的基础内容。SDTS 的物理格式层定义了与标准相符合的文件格式，以进行空间数据的转换。SDTS 使得任意两种空间数据可以相互转换，并保证最小的信息损失，对于 NSDI（国家空间数据基础设施）的实现起到了决定性的意义。

3）加拿大 Mercator GIS 标准

Mercator 是以墨卡托投影来命名的，它是由加拿大政府组织、建立的一个国家 GIS 数据标准，其主要目标是：建立空间地理信息的标准，建立空间数据的存储库以及有关软件的开发。Mercator 定义了一个叫做 OGDI(Open Geospatial Datastore Interface)的程序接口，支持在客户机/服务器模式下访问空间数据。

6.6、数字地球

数字地球是美国副总统戈尔于1998年1月在加利福尼亚科学中心开幕典礼上发表的题为“数字地球—新世纪人类星球之认识”演说时，提出的一个与GIS、网络、虚拟现实等高新技术密切相关的概念。在戈尔的文章内，他将数字地球看成是“对地球的三维多分辨率表示、它能够放入大量的地理数据”。在接下来对数字地球的直观实例解释中可以发现，戈尔的数字地球学是关于整个地球、全方位的GIS与虚拟现实技术、网络技术相结合的产物。 显然，面对如此一个浩大的工程，任何一个政府组织、企业或学术机构，都是无法独立完成的，它需要成千上万的个人、公司、研究机构和政府组织的共同努力。数字地球要解决的技术问题，包括计算机科学、海量数据存贮、卫星遥感技术、互操作性、元数据等。可以预见，随

着地球空间信息学的发展，而建立起的数字地球，必将促进测绘事业的现代化，为测绘事业与整个国民经济建立更加紧密的联系，作出更大的贡献，在未来和知识经济社会中产生巨大的经济效益和社会效益。

1998年江泽民总书记在接见两院院士代表时的讲话中指出：″当今世界，以信息技术为主要标志的科技进步日新月异，高科技成果向现实生产力的转化越来越快，初见端倪的知识经济预示人类的经济社会生活将发生新的巨大变化″。

以理解为对真实地球及其相关现象统一的数字化重现和认识。其核心思想是用数字化的手段来处理整个地球的自然和社会活动诸方面的问题，最大限度地利用资源，并使普通百姓能够通过一定方式方便地获得他们所想了解的有关地球的信息，其特点是嵌入海量地理数据，实现多分辨率、三维对地球的描述，即″虚拟地球″。通俗地讲，就是用数字的方法将地球、地球上的活动及整个地球环境的时空变化装入电脑中，实现在网络上的流通，并使之最大限度地为人类的生存、可持续发展和日常的工作、学习、生活、娱乐服务。

严格地讲，数字地球是以计算机技术、多媒体技术和大规模存储技术为基础，以宽带网络为纽带运用海量地球信息对地球进行多分辨率、多尺度、多时空和多种类的三维描述，并利用它作为工具来支持和改善人类活动和生活质量。

数字地图是纸制地图的数字存在和数字表现形式，是在一定坐标系统内具有确定坐标和属性的地面要素和现象的离散数据，在计算机可识别的可存储介质上概括的、有序的集合。

在计算机技术和信息科学高度发展的当今，仅靠纸制的地图和一些零散的数字地图提供信息已无法满足需要，取而代之的是在飞机、舰船导航、新武器制导、卫星运行测控和部队快速反应、军事指挥自动化以及经济建设的各个行业中广泛应用的，基于区域性或全国性的数字地图及各种各样的地图数据库管理系统和地理信息系统。

这些系统共同的特点是：信息丰富多样，提供信息正确及时，修改、检索、 传输信息方便快速，并可以对系统中的数据作进一步的分析操作，最后输出人们关注的专题信息。

数据库技术的应用和信息系统的建立使传统纸制地图的应用发生了质的飞跃，也为地图产品开辟了一个新的应用天地。

数字地球就是一个全局性的长远的战略思维问题，其核心在于：（1）用数字化手段统一性地处理地球问题；（2）最大限度地利用信息资源。具体地说，就是在全球、国家和区域的层次上，长远地规划地球表层和浅表层数字信息的获取、处理、应用等方面的相关工

作，从系统论和一体化的角度来整合已有的或者正在发展的与数字地球相关的理论、技术、数据、应用和能力。数字地球在不同历史时期又有特定的目标；目前，应当建立多比例尺、多应用层面的数字化地球、数字化地区或数字化城市，能够更广泛、深入地为社会可持续发展提供服务。

尽管建立数字地球涉及到的许多理论、技术、数据和应用等基础条件已经具备，仍然存在许多需要解决的理论和技术，主要表现在以下几方面：数据获取与更新方面：各类遥感新技术，如高分辨率高光谱卫星图像技术、雷达卫星技术数据获取集成一体化技术等。网络、计算机硬件、数据与信息传播方面：新一代大规模平行处理器，高宽带网络，支持基于网络的分布式计算操作系统，智能网络技术，基于对象的分布式网络服务，分布处理和互操作协议等。数据处理、储存、数据库、信息提取与分析方面：高密度高速率的海量空间数据储存、压缩、处理技术，数据互操作技术，多比例尺多时相多源数据融合、集成技术，图像信息智能提取（图像自动分类等）技术，元数据技术，空间数据仓库，海量空间数据的智能提取技术，空间数据交换网络技术，支持异构分布数据库的扩展对象关系模型，面向对象空间数据库，实时的多分辨率海量空间数据的存储和分发等。

第二章　GIS 的地理基础

1、地球坐标系

关于球面坐标系统的建立。可以假想地球绕一个想象的地轴旋转，轴的北端称为地球的北极，轴的南端称为地球的南极；想象中有一个与地轴相垂直的平面能将地球截为相等的两半，这个平面与地球相交的交线是一个圆，这个圆就是赤道。将一个过英国格林尼治天文台旧址和地轴所组成的平面与地球球面的交线定义为本初子午线。以地球的北极、南极、赤道以及本初子午线作为基本要素，即可构成地球球面的地理坐标系统。

1.1、坐标系统的类型

地面点的平面位置根据实际情况，可以选用地理坐标、平面直角坐标、高斯平面直角、地心坐标等系统表示。

地理坐标就是用经纬度表示地面点位的球面坐标。地理坐标又分为天文坐标和大地坐标两种。在大地测量学中，对于地理坐标系统中的经纬度有三种提法：天文经纬度、大地经纬度和地心经纬度。

地心坐标系是以参考椭圆体为根据的坐标系，是以地球质心为坐标原点的三维坐标系。WGS-84 世界大地坐标系就是一种地心坐标系。

1.2、我国的大地坐标系统

1）北京 54 坐标系

中华人民共和国成立初期，由于受当时条件所限，在东北黑龙江边境上同苏联大地网联测，推算出坐标作为我国天文大地网的起算数据，然后通过锁网的大地坐标计算，推算出北京点的坐标。因此，1954 北京坐标系统是苏联 1942 坐标系统的延伸，其原点并不在北京，而在苏联普尔科沃。该坐标系采用克拉索夫斯基椭球作为参考椭球，高程系统采用 1956 年黄海平均海水面为基准。

经过几十年的实践证明，克拉索夫斯基椭球并不能很好的贴合我国大地测量工作的需要，会给大地测量的归算工作带来不便，并造成误差累计。

2）西安 80 坐标系

我国于 1978 年决定建立中国国家大地坐标系，1980 中国国家大地坐标系选用了 1975 年国际大地测量协会推荐的参考椭球，大地原点设在我国西安市泾阳县永乐镇。

其主要优点在于：椭球体参数精度高；椭球体面与我国大地水准面能够较好地吻合；全国整体平差，提高了平差结果地精度坐标统一；大地原点选择在我国中部，缩短了推算大地坐标的路程，减少了推算误差地积累。

3）独立坐标系

为满足小范围、大比例尺地形图精度的需要，通过在特定区域范围内建立起一个本地基准点而创建适用于本地的独立坐标系，它通常由专门测绘部门测定建立，如深圳独立坐标系等，它可以用坐标换算公式对四参数或七参数的正确设置与地理坐标系等进行转换，但必须首先取得该独立坐标系换算所用的中心经线值。

4）2000国家大地坐标系

国家大地坐标系是国家地理信息表达的基准，也是国家测制基本比例尺地图的基础，直

接服务于国家经济建设、国防建设与社会活动。我国于 20 世纪 50 年代和 80 年代分别建立了 1954 年北京坐标系和 1980 西安坐标系，这两个坐标系都是根据局部大地水准面最为密合的参考椭球定位的参心大地坐标系。曾经依此建立了全国天文大地网，对我国经济建设、国防建设及科学研究、文化教育与社会活动等作出了重大贡献。但受当时技术条件的制约，精度还偏低，无法满足当前与今后空间技术发展的要求，无法提供高精度、地心、动态、统一、实用的大地坐标系的基础性保障。

近年来，伴随全球卫星定位系统等现代空间大地测量技术的迅速发展，国际上定位技术与方法迅速变革，地心坐标系及其框架正在逐渐取代非地心大地坐标系统及其框架。现在利用空间技术所取得的定位与影像成果等，都是以地心坐标系为参照系。高精度的地心坐标系是构建国家地理空间数据的基础部署。采用地心坐标系有利于地球空间信息及地球动力学、地球物理学和地震学等学科的研究，有利于推动卫星导航，海、陆、空交通运输的发展，有利于与国际接轨，参与经济全球化国际竞争等。

为贯彻执行国务院批准的《关于我国采用 2000 国家大地坐标系的请示》，国家测绘局自 2008 年 7 月 17 日向社会发布了《关于印发启用 2000 国家大地坐标系实施方案的通知》，并提出了《现有测绘成果转换到 2000 国家大地坐标系技术指南》。

国家大地坐标系的定义包括坐标系的原点、三个坐标轴的指向、尺度以及地球椭球的 4 个基本参数的定义。

2000 国家大地坐标系参数：

◆ 原点：包括海洋和大气的整个地球的质量中心

◆ 三个坐标轴的指向：Z 轴由原点指向历元 2000.0 的地球参考极的方向，该历元的指向由国际时间局给定的历元为 1984.0 的初始指向推算，定向的时间演化保证相对于地壳不产生残余的全球旋转，X 轴由原点指向格林尼治参考子午线与地球赤道面（历元 2000.0）的交点，Y 轴与 Z 轴、X 轴构成右手正交坐标系。采用广义相对论意义下的尺度。

◆ 地球椭球的 4 个基本参数定义：2000 国家大地坐标系采用的地球椭球参数的数值为：

长半轴	a＝6378137m
扁率	f=1/298.257222101
地心引力常数	GM＝3.986004418×1014m3s-2

自转角速度　　ω＝7.292l15×10-5rad s-1

2000 国家大地坐标系与现行国家大地坐标系转换、衔接的过渡期为 8—10 年。

现有各类测绘成果，在过渡期内可沿用现行国家大地坐标系；2008 年 7 月 1 日后新生产的各类测绘成果应采用 2000 国家大地坐标系。

现有地理信息系统，在过渡期内应逐步转换到 2000 国家大地坐标系；2008 年 7 月 1 日后新建设的地理信息系统应采用 2000 国家大地坐标系。

2、地图比例尺及图幅编号

2.1、地图比例尺

比例尺赋予了地图可量测计算的性质，为地图使用者提供了明确的空间尺度概念。比例尺还隐含着对地图精度和详细程度的描述。在传统的地图产品逐渐转化为数字化的今天，比例尺的传统定义已经失去了它的意义（计算机中存储的数据与距离无关），但不得不保留比例尺隐含的意义。当人们在数据库前冠以某个比例尺的数字时，实际上隐含着对数据精度与详细程度的说明，这就说明了比例尺的重要性。人们可以借助比例尺来定义对地球观察的界限。根据某一种比例尺的地图数据库，可以生成任意级别比例尺的地图，因此，也有人把这种存储数据的精度和内容的详细程度都明显高于其比例尺本身要求的地图数据库，称为无级别比例尺地图数据库。

地表是个不可展平的球面，根据一定方法把地表展平到平面上时，图上各部分的比例尺必然发生分异，这种分异可能是水平方向的，也可能是垂直方向的，这种分异与制图区域的大小密切相关。

当制图区域比较小时，球面和平面之间的矛盾可以忽略，这时不论采用何种投影，图上各处长度缩小的比率都可以看成相等的。在这种情况下，地图比例尺的涵义就可以理解为图上长度与地面相应水平长度之比。

随着制图区域的不断扩大，球面和平面的矛盾也逐渐明显，当地表被展平缩小到平面上时，必然产生不均等的缩小，故出现了不同的比例尺，只有个别特征点或特征线在投影的过程中没有长度变形，这些没有变形的点或线上的比例尺称为主比例尺，而其它大于或小于主

比例尺的比例尺，称为局部比例尺。

由此可见，传统的“图上长度与实地水平长度之比等于地图比例尺”的概念仅适合于在大比例尺地图上使用。因此，完整、精确和具有普遍意义的比例尺定义应该是：地图上沿某方向的微分线段和地面上相应微分线段水平长度之比。

地图比例尺是一个比值，它没有单位，比例尺越大，图而精度越高；比例尺越小，图而精度越小，但概括性越强。当图幅大小相同时，比例尺越大，包括的地面范围越小；比例尺越小，包括的地面范围越大。在同一区域或同类的地图上，内容要素表示的详略程度和图形符号的大小，主要取决于地图比例尺。

比例尺有多种表示方法，如：数字比例尺，文字比例尺，直线比例尺等，我们最常见的是数字比例尺，数字比例尺是指用阿拉伯数字形式表示的比例尺。一般是用分子为 1 的分数形式表示，例如，1：10000（或 1/10000）说明了地图上（沿特定线）长度 1 毫米、1 厘米或 1 英寸（分子），代表地球表面上的 10000 毫米、厘米或英寸（分母）。

我国基本比例尺地形图有 1：1 万、1：2.5 万、1：5 万、1：10 万、1：25 万、1：50 万和 1：100 万七种。普通地图通常按比例尺分为大、中、小三种：

大比例尺地形图：1：5 千—1：2.5 万比例尺地形图

中比例尺地形图：1：5 万—1：25 万比例尺地形图

小比例尺地形图：1：50 万－1：100 万比例尺地形图

比例尺代码

比例尺	1:50万	1:25万	1:10万	1:5万	1:2.5万	1:1万	1:5000
代码	B	C	D	E	F	G	H

2.2、地形图的分幅与编号

1）地形图的分幅

对于一个国家或世界范围来讲，测制成套的各种比例尺地形图时，分幅编号尤其必要。通常这是由国家主管部门制定统一的图幅分幅和编号系统。

按照地形图的形状，我国地形图的分幅方法有两种：一种是经纬网梯形分幅法或国际分幅法；另一种是坐标格网正方形或矩形分幅法。前者用于国家基本比例尺地形图，后者用于

工程建设大比例尺地形图。

（一）梯形分幅法：

目前，我国采用的地形图分幅方案，是以 1：100 万地形图为基准，按照相同的经差和纬差定义更大比例尺地形图的分幅。1：100 万地形图分幅采用国际标准分幅的经差 6°、纬差 4°为一幅图。从赤道起向北或向南至纬度 88°止。

每幅百万分之一内各级较大比例尺地形图的划分，按规定的相应经纬差进行，其中，1：50 万、1：25 万、1：10 万三种比例尺地形图，以百万分之一地图为基础直接划分。一幅百万分之一地形图划分四幅 1：50 万地形图，每幅为经差 3°，纬差 2°；一幅百万分之一地图划分为 16 幅 1：25 万地形图，每幅为经差 1°，纬差 40’；一幅百万分之一地图划分 144 幅 1:10 万地形图，每幅为经差 30’，纬差 20’。

每幅大于 1：10 万比例尺的地形图，则以 1：10 万图为基础进行逐级划分，一幅 1：10 万地形图划分四幅 1：5 万地形图；一幅 1：5 万地形图划分为四幅 1：2.5 万地形图。在 1：10 万图的基础上划分为 64 幅 1：1 万地形图；一幅 1：1 万地形图又划分为 4 幅 1：5000 地形图（具体可参见下表）。

比例尺经纬差

比例尺		1:100万	1:50万	1:25万	1:10万	1:5万	1:2.5万	1:1万	1:5000
图幅范围	经差	6°	3°	1° 30'	30'	15'	7'30"	3'45"	1'52.5"
	纬差	4°	2°	1°	20"	10'	5'	2'30"	1'15"
行列数量关系	行数	1	2	4	12	24	48	96	192
	列数	1	2	4	12	24	48	96	192
图幅数量关系		1	4	16	144	576	2304	9216	36864

（二）坐标格网矩形分幅法：

为了适应各种工程设计和施工的需要，对于 1：5000 以上的大比例尺地形图，大多按纵横坐标格网线进行等间距分幅，即采用矩形分幅方法。

2）地形图的编号

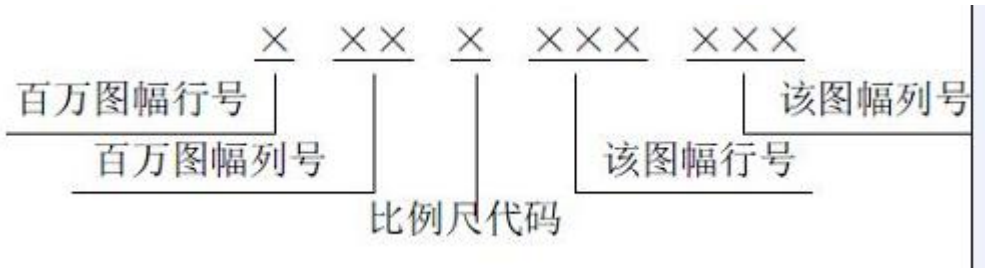
地形图的编号是根据各种比例尺地形图的分幅，对每一幅地图给予一个固定的号

码，这种号码不能重复出现，并要保持一定的系统性。

地形图编号的最基本的方法是采用行列法，即把每幅图所在一定范围内的行数和列数组成一个号码。当前我国常见地形图的分幅方法有新旧两种分幅方法。

1993 年之前，我国使用的国际分幅和编号方法。1992 年 12 月，我国颁布了《国家基本比例尺地形图分幅和编号 GB/T139 89—92》新标准，1993 年 3 月开始实施。新的分幅方法不变，编号方法发生变化，新分幅编号系统的主要优点是编码系列统一于一个根部，编码长度相同，便于计算机处理。

（一）梯形分幅图的编号



我国 1∶100 万比例尺地形图的旧标准编号

我国 1∶100 万地形图分幅是采用国际标准分幅的经差 6°、纬差 4°为一幅图。我国的旧标准编号也是采用国际标准。从赤道起向北或向南至纬度 88°止，按纬差每 4°划作 22 个横列，依次用 A、B、……、V 表示；从经度 180°起向东按经差每 6°划作一纵行，全球共划分为 60 纵行，依次用 1、2、……、60 表示。

每幅图的编号由该图幅所在的“列号——行号”组成，一般来讲，把列数的字母写在前，行数的数字写在后，中间用一条短横线连接。例如，北京某地的经度为 116°26′08″、纬度为 39°55′20″，所在 1∶100 万地形图的编号为 J-50。

2) 我国 1∶100 万比例尺地形图的新标准编号

1∶100 万图幅的编号，由图幅所在的“行号列号”组成。与国际编号基本相同，除了去除行号与列号之间的短横线，改为连写外，没有任何变化。如北京所在 1∶100 万地形图的图号由 J-50 改写为 J50。

3）1∶50 万、1∶25 万、1∶10 万比例尺地形图的旧标准编号

这三种例尺地形图都是在 1∶100 万地形图的旧标准编号的基础上进行分幅编号的。一幅 1∶100 万的图可划分出为 4 幅 1∶50 万的图，分别以代码 A、B、C、D 表示。将 1∶100 万图幅的编号加上代码，即为该代码图幅的编号，例 1∶50 万图幅的编号为 J-50-A。

一幅 1∶100 万的图可划分出 16 幅 1∶25 万的图，分别用[1]、[2]、……、[16]代码表示。将 1∶100 万图幅的编号加上代码，即为该代码图幅的编号，例 1∶25 万图幅的编号为 J-50-[1]。

一幅 1∶100 万的图，可划分出 144 幅 1∶10 万的图，分别用 1、2、……、144 代码表示。将 1∶100 万图幅的编号加上代码，即为该代码图幅的编号，例 1∶10 万图幅的编号为 J-50-1。

4）1：5 万、1：2.5 万、1：1 万地形图的旧标准编号

以 1：10 万地形图的编号为基础，将一幅 1：10 万地图划分四幅 1：5 万地图，分别用甲、乙、丙、丁表示，其编号是在 1：10 万地形图的编号后加上它本身的序号，如 J-50-32-甲。再将一幅 1：5 万地图划分四幅 1：2.5 万地形图，分别用 1、2、3、4 表示，其编号是在 1：5 万地形图的编号后加上它本身的序号，如 J-50-32-甲-1。

1：1 万地形图的编号，是以一幅 1：10 万地形图划分为 64 幅 1：1 万地形图，分别以带括号的（1）—（64）表示，其编号是在 1：10 万图号后加上 1：1 万地图的序号，如 J-50-32-（10）。

一幅 1：1 万地形图划分为 4 幅 1：5000 地形图，分别用小写拉丁字母 a、b、c、d 表示，其编号是在 1：1 万图号后加上它本身的序号，如 J-50-32-（10）-a。

5）1∶50 万至 1∶5000 图幅的新标准编号

各大中比例尺地形图的图号均由五个元素 10 位码构成。从左向右，第一元素 1 位码，为 1：100 万图幅行号字符码；第二元素 2 位码，为 1：100 万图幅列号数字码；第三元素 1 位码，为编号地形图相应比例尺的字符代码；第四元素 3 位码，为编号地形图图幅行号数字码；第五元素 3 位码，为编号地形图图幅列号数字码；各元素均连写，没有横线隔开。例如：J50B001001

(二) 坐标格网矩形分幅图编号：

矩形分幅图的图幅编号方法有多种，最常见的是坐标编号法。由图幅西南角纵坐标 x

和横坐标 y 组成编号， 1：2000、1：1000 取至 0.1km,1：500 取至 0.01km。例如，某幅 1：1000 地形图的西南角坐标为 x=6230km、y=10km，则其编号为 6230.0—10.0。

3、地图投影

3.1、地图投影的概念

地图投影，就是按照一定的数学法则，将地球椭球面上的经纬网转化到平面上，使地理点的地理坐标（φ，λ）与地图上相对应的平面坐标（x，y）或者极坐标（δ，ρ）间，建立一一对应的函数关系。

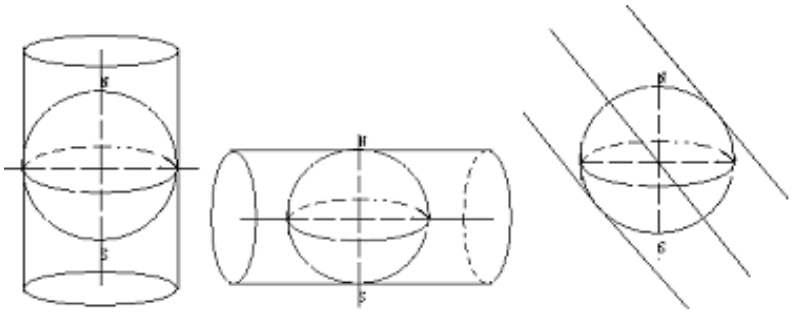
3.2、地图投影的分类

地图投影的分类方法有多种，常见有以下几种分类方法：

（一）按构成方法分类：

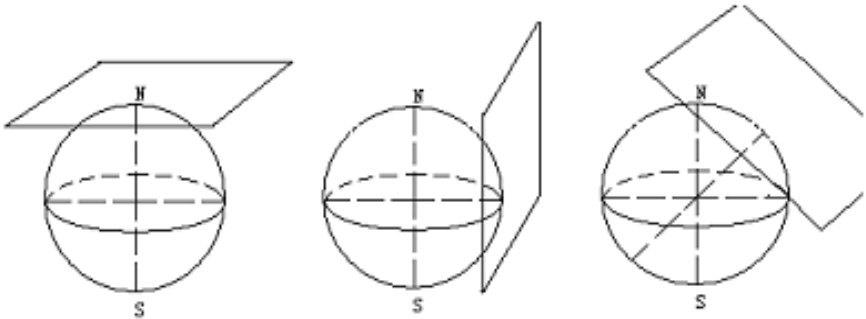
1、几何投影：这种投影方法是把椭球面上的经纬线网投影到几何面上，然后将几何面展为平面而得到。根据几何面的形状，可以进一步分为下述几类：

（1） 圆柱投影：以圆柱面作为投影面，使圆柱面与球面相切或相割，将球面上的经纬线投影到圆柱面上，然后将圆柱面展为平面而成。它可细分为正、横、斜轴圆柱投影，如下图所示：



正轴　　横轴　　斜轴

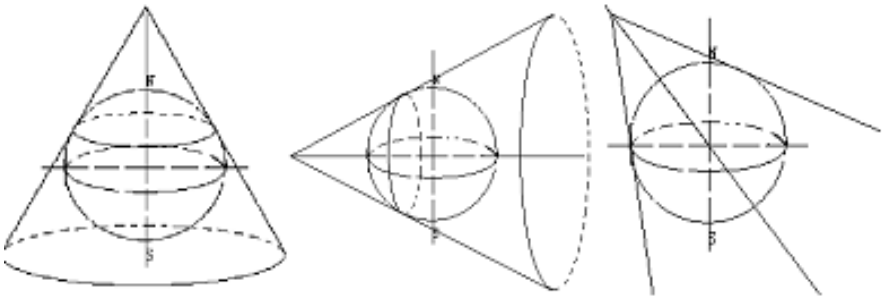
（2） 方位投影：以平面作为投影面，使平面与球面相切或相割，将球面上的经纬线投影到平面上而成。它又可细分为正、横、斜轴方位投影，如下图所示：



考生在阅　　时间更新。

正轴　　横轴　　斜轴

（3） 圆锥投影：以圆锥面作为投影面，使圆锥面与球面相切或相割，将球面上的经纬线投影到圆锥面上，然后将圆锥面展为平面而成。，如下图所示：



正轴　　横轴　　斜轴

2、非几何投影：不借助几何面，根据某些条件用数学解析法确定球面与平面之间点与点的函数关系。在这类投影中，一般按经纬线形状又分为下述几类：

伪圆柱投影

（1） 伪方位投影：纬线为同心圆，中央经线为直线，其余的经线均为对称于中央经线的曲线，且相交于纬线的共同圆心。

（2） 伪圆柱投影：纬线为平行直线，中央经线为直线，其余的经线均为对称于中央经线的曲线。

（3） 伪圆锥投影：纬线为同心圆弧，中央经线为直线，其余经线均为对称于中央经线的曲线。

（4） 多圆锥投影：纬线为同周圆弧，其圆心均为于中央经线上，中央经线为直线，其余的经线均为对称于中央经线的曲线。

（二）按变形性质分类：

（1） 等角投影：角度变形为零。同一方向长度比相同。

定义为任何点上二微分线段组成的角度投影前后保持不变，亦即投影前后对应的微分面积保持图形相似，故可称为正形投影。投影面上某点的任意两方向线夹角与椭球面上相应两线段夹角相等，即角度变形为零。等角投影在一点上任意方向的长度比都相等，但在不同地点长度比是不同的，即不同地点上的变形椭圆大小不同。

（2） 等积投影：面积变形为零。

定义为某一微分面积投影前后保持相等，亦即其面积比为 1，即在投影平面上任意一块面积与椭球面上相应的面积相等，即面积变形等于零。

（3） 等距投影：

在任意投影上，长度、面积和角度都有变形，它既不等角又不等积。但是在任意投影中，有一种比较常见的等距投影，定义为沿某一特定方向的距离，投影前后保持不变，即沿着该特定方向长度比为 1。在这种投影图上并不是不存在长度变形，它只是在特定方向上没有长度变形。等距投影的面积变形小于等角投影，角度变形小于等积投影。任意投影多用于要求面积变形不大、角度变形也不大的地图，如一般参考用图和教学地图。经过投影后地图上所产生的长度变形、面积变形和角度变形，是相互联系相互影响的。它们之间的关系是：在等积投影上不能保持等角特性，在等角投影上不能保持等积特性；在任意投影上不能保持等角和等积的特性；等积投影的形状变形比较大，等角投影的面积变形比较大。经投影后地图上所产生的长度变形、角度变形和面积变形是相互联系相互影响的：等积与等角互斥；等距投影不能等角和等积；等积投影角度变形大，等角投影面积变形大。

（三）按投影面积与地球相割或相切分类

1）割投影

以平面、圆柱面或圆锥面作为投影面，使投影面与球面相割，将球面上的经纬线投影到平面上、圆柱面上或圆锥面上，然后将该投影面展为平面而成。

2）切投影

以平面、圆柱面或圆锥面作为投影面，使投影面与球面相切，将球面上的经纬线投影到平面上、圆柱面上或圆锥面上，然后将该投影面展为平面而成。

二．地图投影的选择

地图投影选择得是否恰当，直接影响地图的精度和使用价值。这里所讲的地图投影选择，主要指中、小比例尺地图，不包括国家基本比例尺地形图。因为国家基本比例尺地形图的投

影、分幅等，是由国家测绘主管部门研究制订，不容许任意改变的，此外编制小区域大比例尺地图，无论采用什么投影，变形都是很小的。

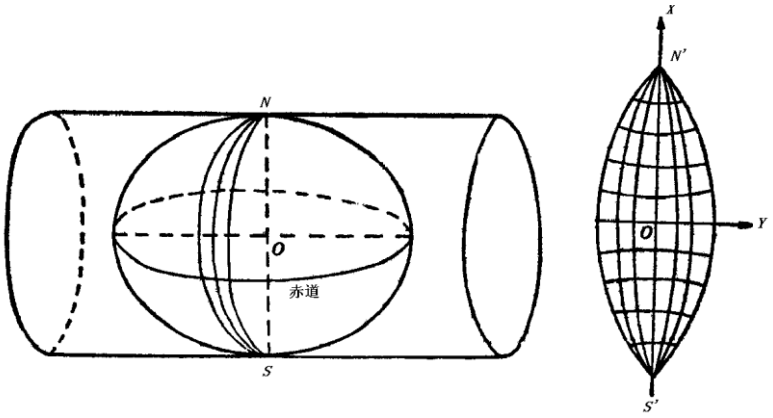
选择制图投影时，主要要考虑以下因素：制图区域的范围、形状和地理位置，地图的用途、出版方式及其他特殊要求等，其中制图区域的范围、形状和地理位置是主要因素。

3.3、高斯克吕格投影

根据地图投影的分类和用途，有多种投影方式。不同的国家、不同的区域甚至同一区域不同用途的地图，它所采用的投影方式就不相同。我国现行地图中，常采用的投影方式有高斯克吕格投影、墨卡托投影、兰伯特投影，省区图多采用墨卡托投影，1：100 万的地形图多采用兰伯特投影， 1:1 万至 1:50 万的地形图多采用高斯－克吕格投影。所以我们重点讲解高斯－克吕格投影。

1．高斯－克吕格投影概念

高斯－克吕格投影是由高斯于 19 世纪 20 年代拟定，后经克吕格补充而形成的一种地图投影方式，它是一种等角横切椭圆柱投影，我们假想用一个圆柱体横套在地球椭球体上，并使圆柱体与椭球体的某一经线相切，圆柱体的中心轴位于赤道上，按等角条件将地球椭球体表面投影到圆柱体上，然后将圆柱体展开成平面（如下图所示）。



高斯克吕格投影的中央经线和赤道为互相垂直的直线，其他经线均为凹向并对称于中央经线的曲线，其他纬线均为以赤道为对称轴的向两极弯曲的曲线，经纬线成直角相交。

2．高斯－克吕格投影的特征

（1）中央经线和地球赤道投影成为直线，且为投影的对称轴；

（2）是等角投影，经线和纬线投影后仍正交；

（3）中央经线上没有长度变形，而在其它经线上，纬度越低，变形越大，赤道处最大；

（4）变形特征：在同一条经线上，长度变形随纬度的降低而增大，在赤道处为最大；在同一条纬线上，长度变形随经差的增加而增大，且增大速度较快。在 6 度带范围内，长度最大变形不超过 0.14%。

注意点：

1、高斯-克吕格坐标系的X、Y轴正好对应MAPGIS坐标系的Y和X，高斯-克吕格坐标系的纵向为X，而MAPGIS坐标系的纵向为Y。

2、高斯-克吕格坐标系的横向坐标最多为6 位，纵向最多为7 位。在MAPGIS中，若横向为8位，则前2位为带号，使用时记着要去掉前边的带号，将带号输入对应的参数中。

3、高斯-克吕格坐标系的坐标单位为米，而MAPGIS坐标系的坐标为毫米，所以输入比例尺时要注意对应。

3.4、投影带的划分

为了保证地图的精度要求，控制投影的变形不致过大，高斯－克吕格投影采用分带投影的方法控制地图的变形，即将投影范围的东西界限加以限制，使其变形不超过一定的限度。我国常采用 6°分带法和 3°分带法。我国规定 1：1 万、1：2.5 万、1：5 万、1：10 万、1：25 万、1：50 万比例尺地形图，均采用高斯克吕格投影。1：2.5 万至 1：50 万的地形图，采用经差 6°分带方案，全球共分为 60 个投影带；我国位于东经 72°到 136°间，共含 11 个投影带；大于或等于 1:1 万地图采用经差 3°分带法。

国际上的 6 度分带是从 0 度子午线起，自西向东每隔经差 6 为一投影带，全球分为 60 带，各带的带号用自然序数 1，2，3，…60 表示。即以西经 0-6 为第 1 带，其中央经线为 3E，东经 6-12 为第 2 带，其中央经线为 9E，其余类推。由于我国坐落在东半球，所以我国的 6 度带是从东经 0 度起算，我国的 6 度分带表如下：

投影区代号	中央经度	经度范围
1	3	0 -> 6
2	9	6 -> 12
3	15	12 -> 18

	…….	
12	69	66 -> 72
13	75	72 -> 78
14	81	78 -> 84
15	87	84 -> 90
16	93	90 -> 96
17	99	96 -> 102
18	105	102 -> 108
19	111	108 -> 114
20	117	114 -> 120
21	123	120 -> 126
22	129	126 -> 132
23	135	132 -> 138
24	141	138 -> 144

3 度带，是从东经 1 度 30 分的经线开始，每隔 3 度为一带，全球划分为 120 个投影带。下图表示出 6 度带与 3 度带的中央经线与带号的关系。

高斯——克吕格投影的分带

我国的 3 度分带表如下：

投影区代号	中央经度	经度范围
1	3	1.5 -> 4.5
2	6	4.5 -> 7.5
3	9	7.5 -> 10.5
4	12	10.5 -> 13.5
	…….	
24	72	70.5 -> 73.5
25	75	73.5 -> 76.5

26	78	76.5 -> 79.5
27	81	79.5 -> 82.5
28	84	82.5 -> 85.5
29	87	85.5 -> 88.5
30	90	88.5 -> 91.5
31	93	91.5 -> 94.5
32	96	94.5 -> 97.5
33	99	97.5 -> 100.5
34	102	100.5 -> 103.5
35	105	103.5 -> 106.5
36	108	106.5 -> 109.5
37	111	109.5 -> 112.5
38	114	112.5 -> 115.5
39	117	115.5 -> 118.5
40	120	118.5 -> 121.5
41	123	121.5 -> 124.5
42	126	124.5 -> 127.5
43	129	127.5 -> 130.5
44	132	130.5 -> 133.5
45	135	133.5 -> 136.5
46	138	136.5 -> 139.5

在高斯－克吕格投影分带上，规定以中央经线为 X 轴，赤道为 Y 轴，两轴的交点为坐标原点。

X 坐标值在赤道以北为正，以南为负；Y 坐标值在中央经线以东为正，以西为负。我国在北半球，X 坐标皆为正值。Y 坐标在中央经线以西为负值，运用起来很不方便。为了避免 Y 坐标出现负值，将各带的坐标纵轴西移 500 公里，即将所有 Y 值都加 500 公里。

由于采用了分带方法，各带的投影完全相同，某一坐标值（x，y），在每一投影带中均有一个，在全球则有 60 个同样的坐标值，不能确切表示该点的位置。因此，在 Y 值前，需

冠以带号，这样的坐标称为通用坐标。高斯克吕格投影各带是按相同经差划分的，只要计算出一带各点的坐标，其余各带都是适用的。

3.5、地图投影的选择依据

1）制图区域的地理位置、形状和范围

制图区域的地理位置决定了所选择投影的种类。例如，制图区域在极位置，理所当然选择正轴方位投影；制图区域在赤道附近，应考虑选择横轴方位投影或者正轴圆柱投影

制图区域的形状直接制约地图投影的选择。例如，同是中纬地区，如果制图区域呈现沿纬线方向延伸的长形区域，则应该选择正轴圆锥投影；如果制图区域呈现南北、东西方向差别不大的圆形区域，则应该选择斜轴方位投影。

2）制图比例尺

以我国为例，大比例尺地形图由于要在图上进行各种量算及精确定位，因此应选择各方面变形都很小的地图投影，比如分带投影的横轴等角椭圆柱投影（例如高斯克吕格投影）。而中小比例尺的省区图，由于概括程度高于大比例尺地形图，因而定位精度相对降低，选用正轴等角、等积、等距的圆锥投影即可。

3）地图内容

即使同一个制图区域,但因地图所表达的内容不通,因而其投影方式的选择也有所不同。例如交通图、航空图、军用地图等要求方向正确，应选择等角投影；自然地图和社会经济地图等要求保持面积对比关系的正确，应选择等积投影。

4）地图出版方式

地图在出版方式上有单幅图、系列图和地图集之分。单幅图的投影选择比较简单，只需按上述原则选取，系列图由于性质相近，也可选择同一变形性质的投影，而地图集相对比较复杂，不能千篇一律，而应该结合具体情况分析。

3.6、地图投影与 GIS 的关系

GIS 以地图方式显示地理信息，而地图是平面，地理信息则在地球椭球上，因此地图投影在 GIS 中不可缺少，由它完成球面到平面的变换。

GIS 中通过投影变换，使各种不同投影方式的地图具有共同的地理坐标系统和直角坐

标系统作为参照系，记录存储各种地理要素的位置和属性，保证系统内、外的信息数据能够实现交换、配准和共享，否则后续所有基于地理位置的分析、处理及应用都是不可能的。

GIS 数据库中地理数据以地理坐标存储时，则以地图为数据源的空间数据必须通过投影变换转换成地理坐标；而输出或显示时，则要将地理坐标表示的空间数据通过投影变换变换成指定投影的平面坐标。

3.7、地图投影的配置与设计

通过对国内外各种地理信息系统分析，可以发现，各种地理信息系统中投影系统的配置与设计一般具有以下的特点：

1．各个国家的地理信息系统所采用的投影系统与该国的基本比例尺地图系列所用的投影系统一致；

2．地理信息系统中各种比例尺的投影系统与其相应比例尺的主要信息源地图所用的投影一致；

3．各地区的地理信息系统中的投影系统与其所在区域适用的投影系统一致；

4.各种地理信息系统一般只采用一种或两种投影系统，以保证地理定位框架的统一。对上述特征，还可以从国外一些国家的地理信息系统的配置中分析得到。

由此，可以给出地理信息系统中地图投影配置的一般原则为：

1．各国家 GIS 所配置的投影系统应与该国的系列国家基本图(基本比例尺地形图、基本省区图或国家大地图集)投影系统一致；

2．系统一般最多只采用两种投影系统，一种服务于大比例尺的数据处理与输入输出，另一种服务于中小比例尺；

3．所用投影以等角投影为宜；

4．所用投影应能与网格坐标系统相适应，即所用的网格系统在投影带中应保持完整。

第三章　空间数据库及空间数据结构

1、空间数据库的概念

数据库技术是 60 年代初开始发展起来的一门数据管理自动化的综合性新技术。数据库的英文 DATA BASE，其意义为数据基地，即统一存贮和集中管理数据的基地。计算机对数据的管理经过了三个阶段—最早的程序管理阶段，后来的文件管理阶段，现在的数据库管理阶段。数据库是为一定目的服务，以特定的数据存储的相关联的数据集合，它是数据管理的高级阶段，是从文件管理系统发展而来的。它与传统的数据管理相比有许多明显的差别，其中主要的有两点：一是数据独立于应用程序而集中管理，实现了数据共享，减少了数据冗余，提高了数据的效益；二是在数据间建立了联系，从而使数据库能反映出现实世界中信息的联系。

地理信息系统中的数据库就是一种专门化的数据库，由于这类数据库具有明显的空间特征，所以有人把它称为空间数据库。

空间数据库（或称地图数据库）是地理信息系统的重要组成部分，因为地图是地理信息系统的主要载体。地理信息系统是一种以地图为基础，供资源、环境、区域调查以及规划的管理和决策用的空间信息系统。在数据获取过程中，空间数据库用于存贮和管理地图信息；在数据处理系统中，它既是资料的提供者，也可以是处理结果的归宿处；在检索和输出过程中，它是形成绘图文件中或各类地理数据的数据源。

空间数据库是某一区域内关于一定地理要素特征的数据集合。

空间数据库与一般数据库相比，具有以下特点：

1）数据量特别大，地理系统是一个复杂的综合体，要用数据来描述各种地理要素，尤其是要素的空间位置，其数据量往往很大。

2）不仅有地理要素的属性数据（与一般数据库中的数据性质相似），还有大量的空间数据，即描述地理要素空间分布位置的数据，并且这两种数据之间具有不可分割的联系。

3）数据应用广泛，例如地理研究、环境保护、土地利用与规划、资源开发、生态环境、市政管理、道路建设等。

上述特点，尤其是第二点，决定了在建立空间数据库时，一方面应该遵循和应用通用数据库的原理和方法，另一方面又必须采取一些特殊的技术和方法来解决其它数据库所没

有的管理空间数据的问题。

2、空间数据结构

数据结构即数据组织的形式，是适合于计算机存贮、管理、处理的数据逻辑结构。换句话说，是指数据以什么形式在计算机中存贮和处理。数据按一定的规律储存在计算机机中，是计算机正确处理和用户正确理解的保证。

在地理信息系统的空间数据结构中，有栅格结构和矢量结构两种方式。栅格结构的编码方式主要有直接栅格编码、链码、游程长度编码、块码、四叉树码等；矢量结构主要有坐标序列编码、树状索引编码和二元拓扑编码等编码方法。空间数据结构的选择对 GIS 的设计和建立起着非常关键的作用。

空间数据类型：根据空间数据的特征，可以把空间数据归纳为三类：1)属性数据　2)几何数据　3)关系数据。此外，还有元数据，它是描述数据的数据。

2.1、栅格数据结构

栅格结构是最简单最直观的空间数据结构，是指将地球表面划分为大小均匀紧密相邻的网格阵列，每个网格作为一个象元或象素，由行、列号定义，并包含一个代码，表示该象素的属性类型或量值。

因此，栅格结构是以规则的阵列来表示空间地物或现象分布的数据组织。在栅格结构中，点用一个栅格单元表示；线状地物则用沿线走向的一组相邻栅格单元表示，每个栅格单元最多只有两个相邻单元在线上；面或区域用记有区域属性的相邻栅格单元的集合表示，每个栅格单元可有多于两个的相邻单元同属一个区域。

栅格结构的显著特点是：属性明显，定位隐含，即数据直接记录属性本身，而所在位置则根据行列号转换为相应的坐标给出。这种结构容易实现，算法简单，且易于扩充、修改，也很直观。栅格结构表示的地表是不连续的，是量化和近似离散的数据。在栅格结构中，地表被分成相互邻接、规则排列的矩形方块(特殊的情况下也可以是三角形或菱形、六边形等)，每个地块与一个栅格单元相对应。栅格数据的比例尺就是栅格大小与地表相应单元大小之比。在许多栅格数据处理时，常假设栅格所表示的量化表面是连续的，以便使用某些连续函数。

1）栅格结构的建立

要建立一个栅格数据结构需要明确三个内容：数据来源（即获取数据的途径），栅格系统的确定和栅格单元代码方式的确定。

（一）栅格数据的获取途径

1、来自于遥感数据

通过遥感手段获得的数字图像就是一种栅格数据。它是遥感传感器在某个特定的时间、对一个区域地面景象的辐射和反射能量的扫描抽样，并按不同的光谱段分光并量化后，以数字形式记录下来的象素值序列。

2、来自于对图片的扫描

通过扫描仪对地图或其它图件的扫描，可把资料转换为栅格形式的数据。具体为：扫描仪扫描专题图的图像数据得到每个像元的行、列、颜色（灰度），定义颜色与属性对应表，用相应属性代替相应颜色，得到每个像元的行、列、属性，再进行栅格编码、存贮，即得到该专题图的栅格数据。

3、由矢量数据转换而来

通过运用矢量数据栅格化技术，把矢量数据转换成栅格数据。这种情况通常是为了有利于 GIS 中的某些操作，如叠加分析等，或者是为了有利于输出。

4、由手工方法获取

在专题图上均匀划分网格，逐网格地确定其属性代码的值，最后形成栅格数据文件。

（二）栅格系统的确定

栅格系统的确定包括栅格坐标系的确定和栅格单元尺寸的确定。

1、栅格坐标系的确定

坐标系的确定实质是坐标系原点和坐标轴的确定。栅格系统的起始坐标应与国家基本比例尺地形图公里网的交点相一致，并分别采用公里网的纵横坐标轴作为栅格系统的坐标轴。

2、栅格单元的尺寸

栅格单元的尺寸确定的原则是应能有效地逼近空间对象的分布特征，又减少数据的冗余度。格网太大，忽略较小图斑，信息丢失。一般讲实体特征愈复杂，栅格尺寸越小，分辨率愈高，然而栅格数据量愈大，按分辨率的平方指数增加，计算机成本就越高，处理速度越慢。具体可采用保证最小多边形的精度标准来确定尺寸的方法。

(三) 栅格单元代码（属性值）的方式的确定

为了保证数据的质量，当一个栅格单元内有多个可选属性值时，决定栅格代码时尽量保持地表的真实性，保证最大的信息容量，按一定方法来确定栅格属性值。在下图所示的一块矩形地表区域，内部含有 A、B、C 三种地物类型，O 点为中心点，将这个矩形区域近似地表示为栅格结构中的一个栅格单元时，可根据需要，采取如下的方式之一来决定栅格单元的代码。

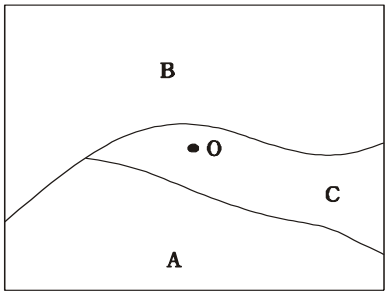


图 3-1

①中心点法：用处于栅格中心处的地物类型或现象特性决定栅格代码。在图 3-1 所示的矩形区域中，中心点 O 落在代码为 C 的地物范围内，按中心点法的规则，该矩形区域相应的栅格单元代码应为 C，中心点法常用于具有连续分布特性的地理要素，如降雨量分布，人口密度图等。

②面积占优法：以占矩形区域面积最大的地物类型或现象特性决定栅格单元的代码。在图 3-1 所示的例中，显见 B 类地物所占面积最大，故相应栅格代码定为 B。面积占优法常用于分类较细，地物类别斑块较小的情况。

③重要性法：根据栅格内不同地物的重要性，选取最重要的地物类型决定相应的栅格单元代码、假设图 3-1 中 A 类为最重要的地物类型，即 A 比 B 和 C 类更为重要，则栅格单元的代码应为 A。重要性法常用于具有特殊意义而面积较小的地理要素，特别是点、线状地理要素，如城镇、交通枢钮、交通线、河流水系等，在栅格中代码应尽量表示这些重要地物。

④长度占优法：每个栅格单元的值由该栅格中线段最长的实体的属性来确定。

2.2、矢量数据结构

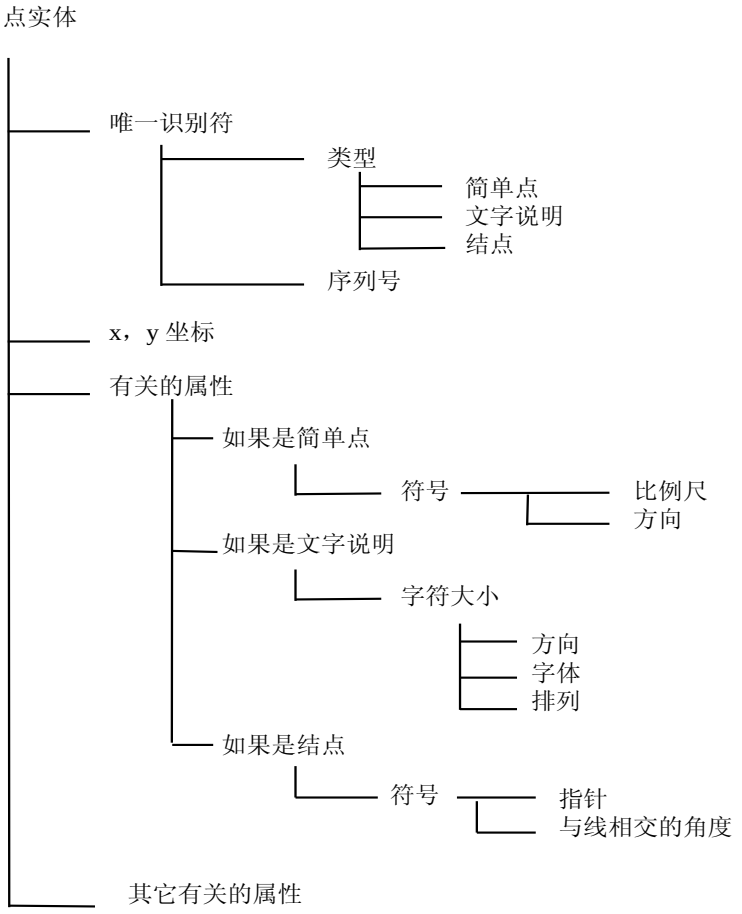
地理信息系统中另一种最常见的图形数据结构为矢量结构，即通过记录坐标的方式尽可能精确地表示点、线、多边形等地理实体，坐标空间设为连续，允许任意位置、长度和面积

的精确定义，事实上，因为如下原因，也不可能得到绝对精确的值：1、表示坐标的计算机字长有限；2、所有矢量输出设备包括绘图仪在内，尽管分辨率比栅格设备高，但也有一定的步长；3、矢量法输入时曲线选取的点不可能太多；4、人工输图中不可避免的定位误差。

1）矢量数据结构编码的基本内容：

1、点实体

点实体包括由单独一对 x，y 坐标定位的一切地理或制图实体。在矢量数据结构中，除点实体的 x，y 坐标外还应存储其它一些与点实体有关的数据来描述点实体的类型、制图符号和显示要求等。点是空间上不可再分的地理实体，可以是具体的也可以是抽象的，如地物点、文本位置点或线段网络的结点等，如果点是一个与其它信息无关的符号，则记录时应包括符号类型、大小、方向等有关信息；如果点是文本实体，记录的数据应包括字符大小、字体、排列方式、比例、方向以及与其它非图形属性的联系方式等信息。对其它类型的点实体也应做相应的处理。下图说明了点实体的矢量数据结构的一种组织方式。



2、线实体

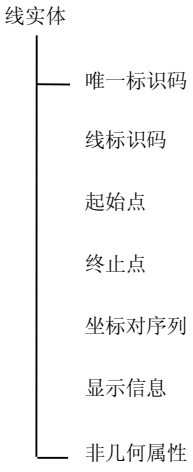
线实体可以定义为直线元素组成的各种线性要素，直线元素由两对以上的 x，y 坐标定义。最简单的线实体只存储它的起止点坐标、属性、显示符等有关数据。例如，线实体输出时可能用实线或虚线描绘，这类信息属符号信息，它说明线实体的输出方式。虽然线实体并不是以虚线存储，仍可用虚线输出。

弧、链是 n 个坐标对的集合，这些坐标可以描述任何连续而又复杂的曲线。组成曲线的线元素越短，x，y 坐标数量越多，就越逼近于一条复杂曲线，既要节省存储空间，又要求较为精确地描绘曲线，唯一的办法是增加数据处理工作量。亦即在线实体的纪录中加入一个指示字，当起动显示程序时，这个指示字告诉程序：需要数学内插函数(例如样条函数)加密数据点且与原来的点匹配。于是能在输出设备上得到较精确的曲线。不过，数据内插工作却增加了。弧和链的存储记录中也要加入线的符号类型等信息。

线的网络结构。简单的线或链携带彼此互相连接的空间信息，而这种连接信息又是供排水网和道路网分析中必不可少的信息。因此要在数据结构中建立指针系统才能让计算机在复杂的线网结构中逐线跟踪每一条线。指针的建立要以结点为基础。如建立水网中每条支流之间连接关系时必须使用这种指针系统。指针系统包括结点指向线的指针。每条从结点出发的线汇于结点处的角度等，从而完整地定义线网络的拓扑关系。

如上所述，线实体主要用来表示线状地物(公路、水系、山脊线)、符号线和多边形边界，有时也称为“弧”、“链”、“串”等，其矢量编码包括以下内容：

其中唯一标识是系统排列序号：线标识码可以标识线的类型；起始点和终止点可以用点号或直接用坐标表示；显示信息是显示线的文本或符号等；与线相联的非几何属性可以直接存储于线文件中，也可单独存储，而由标识码联接查找。



线实体编码的基本内容

3、面实体

多边形(有时称为区域)数据是描述地理空间信息的最重要的一类数据。在区域实体中，具有名称属性和分类属性的，多用多边形表示，如行政区、土地类型、植被分布等；具有标量属性的有时也用等值线描述(如地形、降雨量等)。

多边形矢量编码，不但要表示位置和属性，更重要的是能表达区域的拓扑特征，如形状、邻域和层次结构等，以便使这些基本的空间单元可以作为专题图的资料进行显示和操作，由于要表达的信息十分丰富，基于多边形的运算多而复杂，因此多边形矢量编码比点和线实体的矢量编码要复杂得多，也更为重要。

在讨论多边形数据结构编码的时候，首先对多边形网提出如下的要求：

(1)组成地图的每个多边形应有唯一的形状、周长和面积。它们不象栅格结构那样具有简单而标准的基本单元。即使大多数美国的规划街区也不能设想它们具有完全一样的形状和大小。对土壤或地质图上的多边形来说更不可能有相同的形状和大小。

(2)地理分析要求的数据结构应能够记录每个多边形的邻域关系，其方法与水系网中记录连接关系一样。

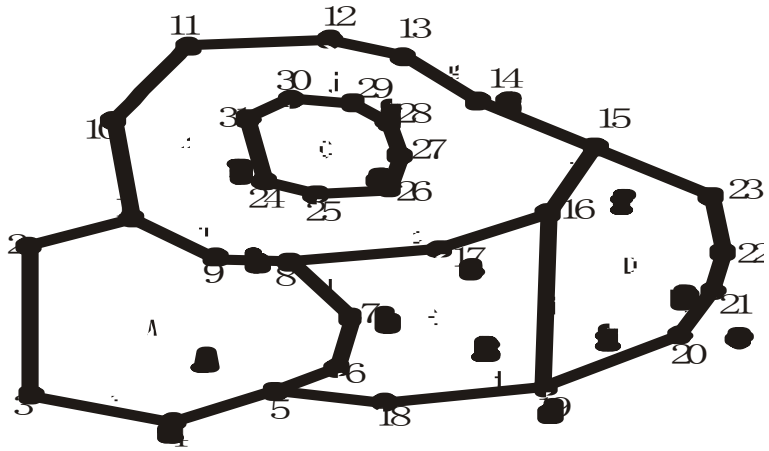
(3)专题地图上的多边形并不都是同一等级的多边形，而可能是多边形内嵌套小的多边形(次一级)。例如，湖泊的水涯线在土地利用图上可算是个岛状多边形，而湖中的岛屿为“岛中之岛”。这种所谓“岛”或“洞”的结构是多边形关系中较难处理的问题。

2）矢量数据结构编码的方式

矢量数据结构的编码形式，按照其功能和方法可分为：实体式、索引式、双重独立式和链状双重独立式。

1、实体式

实体式数据结构是指构成多边形边界的各个线段，以多边形为单元进行组织。按照这种数据结构，边界坐标数据和多边形单元实体一一对应，各个多边形边界都单独编码和数字化。例如对下图所示的多边形 A、B、C、D、E，可以用下表数据来表示。



多边形	数　　据　　项
A	$(x_1,y_1),(x_2,y_2),(x_3,y_3),(x_4,y_4),(x_5,y_5),(x_6,y_6),(x_7,y_7),(x_8,y_8),(x_9,y_9),(x_1,y_1)$
B	(x_1,y_1), (x_9,y_9), (x_8,y_8), (x_{17},y_{17}), (x_{16},y_{16}), (x_{15},y_{15}),(x_{14},y_{14}) ,(x_{13},y_{13}), (x_{12},y_{12}), (x_{11},y_{11}),(x_{10},y_{10}),(x_1,y_1)
C	(x_{24},y_{24}),(x_{25},y_{25}),(x_{26},y_{26}),(x_{27},y_{27}),(x_{28},y_{28}),(x_{29},y_{29}),(x_{30},y_{30}) ,(x_{31},y_{31}), (x_{24},y_{24})
D	(x_{19},y_{19}),(x_{20},y_{20}),(x_{21},y_{21}),(x_{22},y_{22}),(x_{23},y_{23}),(x_{15},y_{15}),(x_{16},y_{16}) ,(x_{19},y_{19})
E	(x_5,y_5),(x_{18},y_{18}),(x_{19},y_{19}),(x_{16},y_{16}),(x_{17},y_{17}),(x_8,y_8),(x_7,y_7) ,(x_6,y_6), (x_5,y_5)

这种数据结构具有编码容易、数字化操作简单和数据编排直观等优点。但这种方法也有以下明显缺点：

(1)相邻多边形的公共边界要数字化两遍，造成数据冗余存储，可能导致输出的公共边界出现间隙或重叠；

(2)缺少多边形的邻域信息和图形的拓扑关系；

(3)岛只作为一个单个图形，没有建立与外界多边形的联系。

因此，实体式编码只用在简单的系统中。

2、 索引式

索引式数据结构采用树状索引以减少数据冗余并间接增加邻域信息，具体方法是对所有边界点进行数字化，将坐标对以顺序方式存储，由点索引与边界线号相联系，以线索引与各多边形相联系，形成树状索引结构。

树状索引结构消除了相邻多边形边界的数据冗余和不一致的问题，在简化过于复杂的边

界线或合并多边形时可不必改造索引表，邻域信息和岛状信息可以通过对多边形文件的线索引处理得到，但是比较繁琐，因而给邻域函数运算、消除无用边、处理岛状信息以及检查拓扑关系等带来一定的困难，而且两个编码表都要以人工方式建立，工作量大且容易出错。

2.3、矢量数据结构与栅格数据结构的比较

栅格结构和矢量结构是模拟地理信息的两种不同的方法。栅格数据结构类型具有“属性明显、位置隐含”的特点，它易于实现，且操作简单，有利于基于栅格的空间信息模型的分析，如在给定区域内计算多边形面积、线密度，栅格结构可以很快算得结果，而采用矢量数据结构则麻烦的多；但栅格数据表达精度不高，数据存储量大，工作效率较低。如要提高一倍的表达精度（栅格单元减小一半），数据量就需增加三倍，同时也增加了数据的冗余。

因此，对于基于栅格数据结构的应用来说，需要根据应用项目的自身特点及其精度要求来恰当地平衡栅格数据的表达精度和工作效率两者之间的关系。另外，因为栅格数据格式的简单性（不经过压缩编码），其数据格式容易为大多数程序设计人员和用户所理解，基于栅格数据基础之上的信息共享也较矢量数据容易。最后，遥感影象本身就是以象元为单位的栅格结构，所以，可以直接把遥感影象应用于栅格结构的地理信息系统中，也就是说栅格数据结构比较容易和遥感相结合。

矢量数据结构类型具有“位置明显、属性隐含”的特点，它操作起来比较复杂，许多分析操作(如叠置分析等)用矢量数据结构难于实现；但它的数据表达精度较高，数据存储量小，输出图形美观且工作效率较高。两者的比较见下图。

矢量数据	栅格数据
1. 数据存储量小	1. 数据存储量大
2. 空间位置精度高	2. 空间位置精度低
3. 容易实行拓扑和网络分析	3. 不易实现拓扑和网络分析
4. 输出简单容易，绘图细腻、精确、美观	4. 输出速度快，但绘图粗糙、不美观
5. 可对图形及属性进行检索、更新和综合	5. 便于面状数据处理
6. 数据结构复杂，获取数据慢	6. 数错误！未指定文件名。构简单
7. 图形运算复杂、高效	7. 快速获取大量数据
8. 多种地图叠合分析困难	8. 图形运算简单、低效
9. 不能直接处理数字图像信息	9. 多种地图叠合分析方便
10. 空间分析不容易实现	10. 能直接处理数字图像信息
11. 与遥感影像格式不一致	11. 空间分析易于进行
12. 数据输出的费用较高	12. 与遥感影像格式一致或接近
	13. 技术开发费用低

2.4、栅格数据结构向矢量数据结构的转换

矢量转栅格：内部点扩散法,即由多边形内部种子点向周围邻点扩散,直至到达各边界为止;复数积分算法,即由待判别点对多边形的封闭边界计算复数积分,来判断两者关系;射线算法和扫描算法,即由图外某点向待判点引射线,通过射线与多边形边界交点数来判断内外关系;边界代数算法,是一种基于积分思想的矢量转栅格算法,适合于记录拓扑关系的多边形矢量数据转换,方法是由多边形边界上某点开始,顺时针搜索边界线,上行时边界左侧具有相同行坐标的栅格减去某值,下行时边界左侧所有栅格点加上该值,边界搜索完毕之后即完成多边形的转换。

栅格转矢量:即是提取具有相同编号的栅格集合表示的多边形区域的边界和边界的拓扑关系，并表示成矢量格式边界线的过程。步骤包括：多边形边界提取,即使用高通滤波将栅格图像二值化；边界线追踪,即对每个弧段由一个节点向另一个节点搜索；拓扑关系生成和去处多余点及曲线圆滑。

第四章　GIS 空间数据及数据输入

GIS 的数据分为空间数据和属性数据。

1、空间数据的基本特征

空间数据具有三个基本特征：

1）属性特征——用以描述事物或现象的特性，即用来说明“是什么”，如事物或现象的类别、等级、数量、名称等。

2）空间特征——用以描述事物或现象的地理位置，又称几何特征、定位特征，如界桩的经纬度等。

3）时间特征——用以描述事物或现象随时间的变化，例如人口数的逐年变化。

由于空间实体具有上述特征，所以在 GIS 中的表示是非常复杂的。目前的 GIS 还较少考虑到空间数据的时间特征，只考虑其属性特征与空间特征的结合。实际上，由于空间数据具有时间维，过时的信息虽不具有现势性，但却可以作为历史性数据保存起来，因而就会大大增加 GIS 表示和处理数据的难度。

2、GIS 空间数据测量的尺度与精确度

GIS 空间数据测量尺度：

- 命名（nominal）测量尺度　定性而非定量，不能进行任何算术运算，如一个城市的名字。命名式的测量尺度也称为类型测量尺度，只对特定现象进行标识，赋予一定的数值或符号而进行不定量描述。
- 次序(Ordinal) 测量尺度　线性坐标上不按值的大小，而是按顺序排列的数。
- 间隔(Interval) 测量尺度　不参照某个固定点，而是按间隔表示相对位置的数。
- 比例(Ratio) 测量尺度　比例测量尺度的测量值是指那些有真零值而且测量单位的间隔是相等的数据，比例测量尺度与使用的测量单位无关。

3、空间数据

3.1、空间数据的来源

地理信息系统的数据来源非常广泛，大致可以分为，野外实测数据、航天航空遥感、航测、全球定位系统（GPS）、原介质地图数据等。

- **遥感数据**

遥感数据的获取是通过电磁辐射及物体波谱特性、电磁辐射与物体相互作用、电磁辐射的大气传输、遥感卫星及其运行轨道、遥感传感器及其成像原理而得到的。

遥感数据是地理信息系统的重要数据来源。通过遥感影象可以快速、准确地获得大面积的、综合的各种专题信息，航天遥感影象还可以取得周期性的资料，这些都为 GIS 提供了丰富的信息。但是因为每种遥感影象都有其自身的成像规律、变形规律，所以对其的应用要注意影象的纠正、影象的分辨率、影象的解译特征等方面的问题。

遥感是 70 年代蓬勃发展起来的新兴技术领域。它集中了空间、电子、光学、计算机、通讯和地球科学、生物学等学科的最新成就。遥感、地理信息系统技术和最近发展起来的全球定位技术为地球科学提供了全新的研究手段。

地理信息系统已是遥感应用的不可分割的组成部分，它将以更有效地支持数学模型为目标，在结构上进行调整。

- **航空摄影测量数据**

是以航空摄影获取的航空像片作数据源，即利用测区的航空摄影测量获得的立体像对，在解析测图仪上或在经过改装的立体量测仪上采集地形特征点，自动传输到计算机内，经过软件处理，自动生成数字地形图，并控制绘图仪绘制地形图。航测适于较大面积几年一次的测量工作，在城市利用新的航测数据建立 GIS 以后，只要用野外数字测图系统作为 GIS 地形数据的更新系统，用地面测绘的数字图作局部更新，即可保证 GIS 地形数据的现势性。

- **野外数据**

1、GPS 数据

GPS 是全球定位系统的简称。GPS 定位方法精度高,方便灵活。GPS 定位技术在测绘中的应用和普及,是测绘科技的一个重大的突破性进展。随着 GPS 接收站的全面建成和发展,GPS 技术在普通测量与工程测量中的应用将越来越广泛。湖北可以直接接受 GPS 数据,并经过投影变换,输入到数据库中。

GPS 系统由 3 部分组成：

空间部分：主动式工作卫星：26 颗卫星分布 6 个椭圆轨道上，长半轴 26600km，高度 20200km，时间基准 10-12?/FONT>10-13 秒。

控制部分：轨道预报（监测和控制卫星系统），确定系统时间，预报卫星星历、卫星钟状态，更新卫星导航电文。

用户部分：不同类型的接收机（由带前置放大器的天线、信号识别和处理的射频仓、微处理器、精密振荡器、电源、显示屏、内存和数据存储器组成）。

利用 GPS 进行 GIS 地理数据更新具有及时、高效、高精度、不受恶劣环境气候影响等优势，GPS 作为一种便捷的科学工具将在空间科学领域获得广泛的应用。

GPS 定位方法精度高,方便灵活。GPS 定位技术在测绘中的应用和普及，是测绘科技的一个重大的突破性进展。随着 GPS 接收站的全面建成和发展,GPS 技术在普通测量与工程测量中的应用将越来越广泛。

2、全站仪数据

用全站仪进行实地测量,将野外采集的数据自动传输到电子手簿,磁卡或便携机内记录,并在现场绘制地形(草)图,到室内将数据自动传输到计算机,人机交互编辑后由计算机自动生成数字地图,并控制绘图仪自动绘制地形图。这种方法是从野外实地采集数据的,又称地面数字测图。由于测绘仪器测量精度高,而电子记录又如实地记录和处理,所以地面数字测图是几种数字测图方法中精度最高的一种,也是城市地区的大比例尺(尤其是 1∶500 的)测图中最主要的测图方法。现在,各类建设使城市面貌日新月异,在已建(或将建)的城市测绘信息系统中,多采用野外数字测图作为测量与更新系统,发挥地面数字测图机动、灵活、易于修改的特点,局部测量,局部更新,始终保持地形图的现势性。MAPGIS 提供了一个完整的数字测图成图软件-MAPSUV,它既可以采用野外测记,室内成图;也可以采用电子平板测绘模式，内外业一体化,实时成图。它具有数据采集、输入、数据处理、成图、图形编辑与修改及绘图等功能。可以自动生成和维护拓扑关系,输入图形属性信息,同时可以输出符合国家标准图式的图形。

- **原图数据**

采集在已进行过测绘工作的测区，有存档的纸介质(或聚酯薄膜)地形图，即原图，也称底图。为了图的计算机存档和修测,为了建立该区的 GIS 或进行工程 CAD,就必须将原图数字化,才能将图输入计算机。数字化的方法有两种：

1、数字化仪数字化

数字化仪是一种将图示坐标转换为数字信息的设备。数字化的过程－即用数字化仪对原图的地形特征点逐点进行采集(称手按数字化)，将数据自动传输到计算机，处理成数字地图的过程，采集的数据为矢量数据结构。由于数字化图的精度一般低于原图的精度，尤其当作业员疲劳时，精度更易受影响。数字化仪数字化在实际中的应用越来越少，基本上转向扫描矢量化。

2、扫描仪数字化

原始纸介质（或聚酯薄膜）图件在扫描仪上走—遍，即完成图的扫描数字化，将数据输入计算机中存储、处理并可再回放成图。扫描数字化速度较快，获得数据为栅格数据。栅格数据结构比矢量数据结构简单，但图形数据量大，其空间数据的叠置和组合十分简便，图像表现比较真切，因此在 GIS 中，它与矢量数据结构并用。在数字测图中，对原图扫描数字化，获得栅格图形数据后，还必须将栅格数据转换为矢量数据，即矢量化。

3.2、空间数据的分类

空间数据具有三个基本特征：1)属性特征； 2)空间特征； 3)时间特征；

根据空间数据的特征，可以把空间数据归纳为三类：1)属性数据 2)几何数据 3)关系数据。此外，还有元数据，它是描述数据的数据。

数据结构即数据组织的形式，是适合于计算机存贮、管理、处理的数据逻辑结构。空间数据结构是空间数据在计算机中的具体组织方式，主要以矢量数据结构和栅格数据结构两种形式存储。具体见第三章讲解。

3.3、空间数据不同阶段的误差来源、质量控制及评价

1）误差来源

GIS 数据的误差来源主要有采集（包含录入过程）、处理、使用这三个环节。其中，最主要的是采集和录入过程中的误差。尽管 GIS 数据采集的方法和仪器多种多样，采集过程中产生的误差来源、构造都极其复杂，但对于具体的采集方法和仪器还是比较好分析的。处理过程中产生的误差一般是由数学模型、数据压缩和计算机数据存储精度所引起的，它具有量值较小的特性。使用过程中的误差主要是有数据的完备程序、时间的有效性、拓扑关系的正确性以及缺乏质量报告所产生的用户误解 4 个方面引起的。

2）提高空间数据质量的方法：

（1）尽可能使用可靠的数据源；

（2）数据的预处理，包括对原始地图、表格数据的整理或者清绘；

（3）提高数字化操作人员的专业素养，可以通过增强操作人员的工作责任心来尽量减少误差；

（4）选用精度高的数字化设备；

（5）数据精度检查，主要检查输出图与原始图的点位误差；

（6）人工检查，对于数字化的地图数据，应打印输出样图来与原始资料进行比较检查，属于属性数据，最好是通过人工逐一比较检查。

3）空间数据的质量评价

可以从以下几点来考察空间数据的质量：

- 数据精度

  包括定位精度，指在地图中物体的地理位置与其真实的地面位置之间的差别；属性精度等。

- 逻辑一致性

  数据间要维护良好的逻辑关系，如行政境界与管理区域境界应严格一致，两个数据集合不仅位置精度水平要一致，逻辑关系上也应当一致。数据层与底图的叠加可以较好的看出数据间是否有良好的一致性。

- 数据的完整性

  数据的不完整性可能是数据属性包括数据的地理特征属性不明显，也可能是数据未完全覆盖研究区域。

- 数据的现势性

  对许多类型的地理信息而言时间是个很重要的因素，数据是否具有现势性是用户所关心的数据质量的一个重要方面，需要进行更新的数据要及时更新。

3.4、数据的规范化和标准化

数据共享是现代信息社会的一个最基本的特点。GIS 数据的规范化和标准化直接影响地理信息的共享。各国都在努力开展地理信息的标准化研究，国家制定的规范和标准是信息资源共享的基础，不但有利于国内信息交流还有利于国际信息交流。

数据的规范化和标准化包括以下几个部分：

- 统一的地理基础

地理基础是地理信息数据表达格式与规范的重要组成部分。主要包括统一的地图投影系统、统一的地理坐标系统及统一的地理编码系统。

地理信息系统之所以区别于一般的信息系统，就在于它所存储记录、管理分析、显示应用的都是地理信息，而这些地理信息都是具有三维空间分布特征且发生在二维地理平面上的，因而它们需要一个空间定位框架，即共同的地理坐标和平面坐标系统。所以说统一的坐标系统是地理信息信息建立的基础。

- 统一的分类编码原则

把数据输入计算机，建立 GIS，必须以明确的分类标志和统一的标准，对信息进行分类

编码。分类过粗会影响将来分析的深度，分类过细则工作量太大，在计算机中的存储量也很大。分类编码应遵循科学性、系统性、实用性、统一性、完整性和可扩充性等原则。

■ 数据交换格式标准

数据交换格式标准是规定数据交换时采用的数据记录格式，主要用于不同系统之间的数据交换。GIS 软件或数据并不是一次性的，也不是一个小部门单独使用而是多次使用，互相共享。空间数据除了起说明作用的属性数据外，还有起定位作用的空间数据，因此数据共享异常复杂。但总的来说，数据交换格式应尽量简单实用，能独立于数据提供者和用户的数据格式、数据结构及硬件环境，数据格式应便于修改、扩充和维护，便于同国内外重要的 GIS 软件数据格式进行交换。

■ 标准的数据采集技术规程

我国现已研究和制定了两个技术规程：图形数据采集技术规程和摄影测量数据采集技术规程。规程中对设备要求、作业步骤、质量控制、数据记录格式、数据库管理及产品验收都做了详细规定。

3.5、GIS 数据输入

1）空间数据的输入

空间数据主要是指图形实体数据。空间数据输入则是指通过各种输入设备完成图数转化的过程，将图形信号离散成计算机所能识别和处理的数据信号过程。通常在 GIS 中用到的图形数据类型有：各种地图、航天航空像片、遥感数据和点采样数据。

● 野外数据的输入

GPS 数据输入可以直接读入文本数据；全站仪数据输入利用测图软件系统直接接收及内存导入等方法。

● 原图数据输入

数据输入：地理数据如何有效地输入到地理信息系统中是一项琐碎、费时、代价昂贵的任务，大多数的地理数据是从纸质地图输入，GIS.常用的方法是数字化处理。

数字化的方法有两种：数字化仪数字化；扫描数字化。

数字化仪数字化是通过数字化输入子系统将底图资料数字化。采用方法是通过数字化仪由人工手扶游标跟踪，将底图转化为图形数据。

扫描仪数字化的作用是将底图资料通过扫描仪上扫描后，计算机获得栅格图形数据，再通过矢量化系统将栅格数据转换成矢量数据。扫描矢量化提供了矢量跟踪导向功能，一般扫描矢量化软件都提供了交互式手动、半自动、全自动矢量化方式供用户选择。

矢量化操作步骤如下：

（1）图纸扫描

配置好扫描仪和计算机的连接之后就可以扫描图纸了，扫描的结果文件最好保存为无压缩的 tiff 格式，分辨率最好不低于 300dpi，并且图像底边尽量保持水平。注意：如果扫描图像效果不好，宁可重新扫描，不可将就来校正和矢量化。

（2）栅格图像校正

包括：非标准图幅与标准图幅校正的校正。

1) 非标准图幅校正方法（影像对影像校正与图框对影像校正）：

影像对影像的校正：影像对影像的校正可以解决多幅影像拼接问题。处理方法是选择好要镶嵌的两幅影像，通过手工选取两幅影像图中相对应的控制点，至少必须添加 3 个控制点对。添加完控制点后，点击预览查看影像匹配后的效果。

图框对影像的校正：

矢量图框校正图像方法与图像校正图像的方法基本相同。矢量图框对影像的校正可以解决非标准比例尺图框对影像图校正套合与多幅影像拼接问题。处理方法是添加影像图及矢量图框，通过手工选取相对应的控制点，至少必须添加 4 个控制点对。添加了控制点后，点击校正预览。

2) 标准图幅校正

标准图幅的校正是通过读入图幅号信息，系统自动计算公里格网交点作为控制点文件。再根据图幅控制点文件逐一校正图像文件中的各个控制点。校正完毕后得到 GeoTiff 文件，GeoTiff 是包含地理信息（坐标等信息）的一种 tiff 的格式文件。此时可将校正后的栅格数据与标准图幅矢量图框叠加显示。

（3）读图分层

要素类分层的意义：图形矢量化以前，首先认真读图，对整个图形主要结构要有一个了解，然后根据一定的目的和分类指标，对底图上的图形要素进行分类。譬如，可按地理要素或地质要素分类，也可以按几何特征分类，或按用途与特征结合分类等。每一类作为一个图层（要素类），对每一个图层赋一个图层名（要素类名）。对底图资料充分了解后，就可以拟

一个矢量化工作提纲。它包括总的图层数，每一层的命名，每个数据文件的命名，工作的先后顺序，工作进度等等。添加图层：栅格数据集层，添加要素类图层及注记类图层，这两个图层主要作为存储矢量化数据的图层；还可添加对象类图层、几何网络图层等。

（4）制作图例板

图例版的制作可以直接提高作图人员的工作效率。根据系统提供制作图例板工具，将用户常用的几何图形符号分门别类设置好参数添加到同一个图例版中。使得用户在矢量化过程中只需选择图例板中预先设置好的图例即可，从而加快了用户选择几何图形的参数设置工作。

（5）矢量化

使用矢量化工具能够将栅格数据方便的转化成矢量数据。

2）属性数据的输入

非空间关联属性有时称为特征编码或简单地称为属性，但它本身不属于空间数据类型。例如道路的非空间关联属性数据包括道路宽度、表面类型、建筑日期、水管、电线、特殊交通规则、每小时的车辆流量等，很显然这些数据都与道路这一空间实体相关，这些数据也可以有效地被存储和处理。若给予每一种数据一个公共识别符就可以有效地与空间数据（道路）连接起来。属性数据的输入可在图形的适当位置键入。但数据量较大时一般都与空间数据分开输入且分别存储，将属性数据首先输入一个顺序文件，经编辑、检查无误后转存数据库的相应文件或表格。这是大数据量输入时的常用方法。

3）GIS 空间数据与属性数据的挂接

空间数据输入时虽然可以直接在图形实体上附加一个特征编码或识别符，但这样交互式地输入大量复杂地非空间数据，其效率就降低了，空间和非空间数据连接的最好方法是用特征编码或识别符把非空间属性数据与已数字化的点、线、面空间实体连接在一起。非空间属性数据的数据项目最多，应把属于同一个实体的所有数据项放在同一个记录中，并将记录的顺序号或某一特征数据项作为该记录的识别符或关键字。它是空间与非空间数据的连接及相互检索的联系纽带。

第五章　GIS 的数据处理

数据处理是建立和应用地理信息系统过程中不可缺少的一个阶段，一旦空间数据和非空

间数据输入计算机后，就要对数据进行编辑加工。其主要目的是改正数据差错及改正数字化资料的图形。全部的编辑工作都是把数据显示在屏幕上并由键盘和鼠标控制数据编辑的各种操作。因此，GIS 的图形编辑系统也是不可缺少的重要部分。

1、图形数据编辑

空间和非空间数据输入时会产生一些误差，主要有：空间数据不完整或重复、空间数据位置不正确、空间数据变形、空间与非空间数据连接有误以及非空间数据不完整等。所以，在大多数情况下，空间和非空间数据输入以后，必须经过检核，然后才能进行交互式编辑。

一般进行图形数据交互式编辑有如下步骤：

（1）读入数据

（2）开窗显示图形数据检查错误

（3）编辑修改

（4）编辑工作完毕，存储数据

常用的编辑功能有：

（1）增加数据：输入或者复制点、线、面等

（2）删除数据：删除点、线、面等

（3）修改空间位置数据：移动、旋转或者镜像点、线、面等

（4）修改空间形状数据

（5）修改非空间数据：如图元颜色、点元符号、线元符号等。

2、属性数据编辑

属性数据是描述空间实体特征的数据集，这些数据主要用于描述实体要素类别、级别等分类特征和其他质量特征。

对于属性数据的输入与编辑，一般在属性数据处理模块中进行，但为了建立属性描述数据与几何图形的联系，通常需要在图形编辑系统中设计属性数据的编辑功能，主要是将一个实体的属性数据连接到相应的几何目标上，亦可在数字化及建立图形拓扑关系的同时或之后，对照一个几何目标直接输入属性数据。一个功能强的图形编辑系统可提供删除、修改、拷贝属性等功能。

3、拓扑

拓扑是一个含义广泛的词语。在这里我们不讨论广义的拓扑，仅对空间拓扑进行狭义的说明。狭义上，我们认为：空间拓扑描述的是自然界中地理对象的空间位置关系，是地理对象空间属性的一部分。

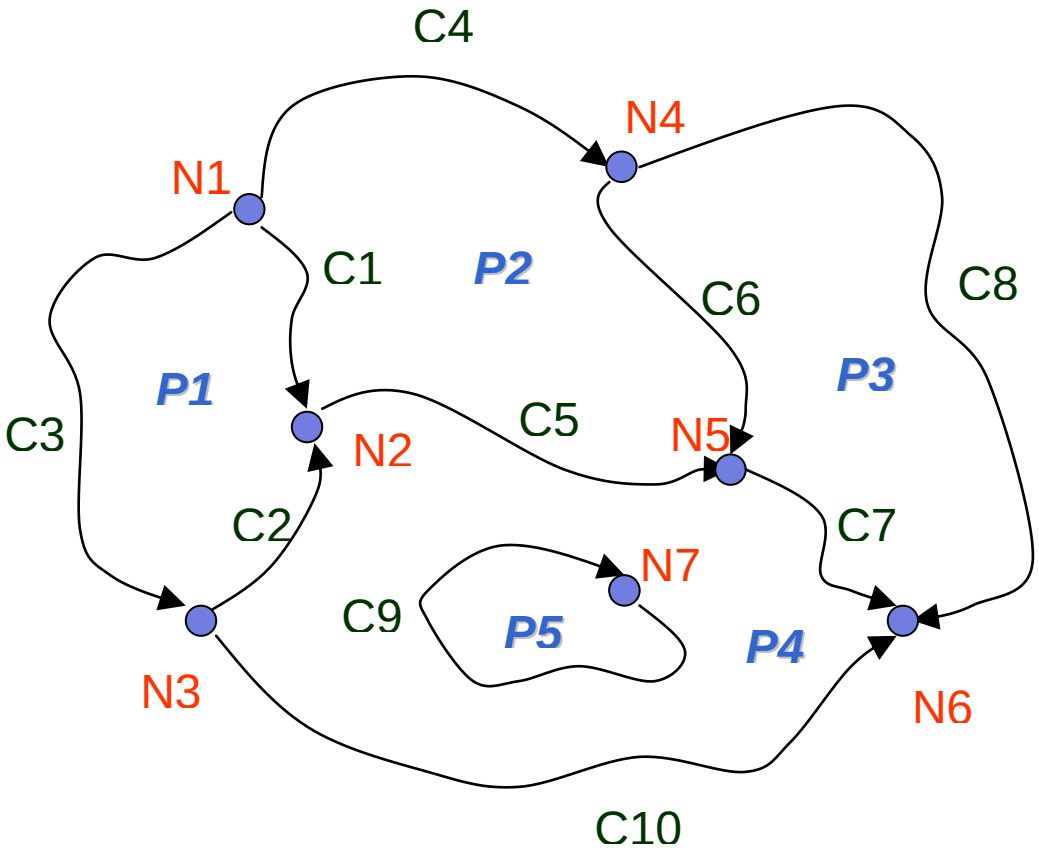
地理对象的拓扑关系，主要有以下三种：

- 相邻：是指对象之间是否在某一边界重合，例如行政区划图中的省、县数据。
- 重合：是指确认对象之间是否在某一局部互相覆盖，如巴士线路和道路之间的关系。
- 连通：连通关系可以确认通达度、获得路径等。

GIS 中拓扑的意义：GIS 软件中，拓扑的主要意义就是用于保证数据质量。

拓扑在空间数据模型中表达和规定数据之间的空间关系。通过表达和规定这些空间关系，拓扑尽可能将地理数据与现实世界保持一致。拓扑是精准地表达空间数据的有效方法，通过严格地约束要素之间的关系，提高了空间数据的准确度和可用性。

拓扑举例：



如图，C1、C2、C3 等弧段的起始点都确定下来了之后，这些弧段就都是具有方向的。基于方向，便可以确定出各弧段的左多边形和右多边形。这样，就构建了核心数据结构，也就是拓扑。如下表所示：

弧段号	起结点	终结点	左多边形	右多边形
C1	N1	N2	P2	P1
C2	N3	N2	P1	P4
C3	N1	N3	P1	Ø
C4	N1	N4	Ø	P2
C5	N2	N5	P2	P4
C6	N4	N5	P3	P2
C7	N5	N6	P3	P4
C8	N4	N6	Ø	P3
C9	N7	N7	P4	P5
C10	N3	N6	P4	Ø

4、空间数据的误差分析与校正

空间数据的质量通常用误差来衡量，而误差定义为空间数据与其真值的差别。空间数据误差的来源是多方面的，例如，GIS 的原始录入数据本身包含着数据采集过程中引入的源误差。另外，在原始数据录入到空间数据库以及随后的数据分析处理和结果输出过程中，每一步都会引入新误差。根据 P．A．Burrough(1986)的建议，可以将 GIS 数据误差的来源归纳为三类，如下表：

1、源误差

GIS 数据的来源主要有，直接从现场利用 GPS 或全站仪采集的数字数据；现有纸质地图的数字化；航空影像和遥感数字数据或统计调查数据等。这些数据受下表前两类误差来源的部分或全部影响。

空间数据误差的来源

误 差 类 型	误 差 来 源	误 差 特 征

源误差	数据年代；数据的空间覆盖范围；地图比例尺；观测密度数据的可访问性，数据格式；数据与用途的一致性；数据的采集处理费用	明显、易探测
由自然变化或原始测量引起的误差	位置误差；属性误差：质量和数量方面的误差 数据偏差：输入输出错误，观测者偏差，自然变化	不明显 难测定
GIS 处理过程引起的误差	计算机字长引起的误差 拓扑分析引起的误差：逻辑错误、地图叠置操作 分类与综合引起的误差：分类方法、分类间隔、内插方法	复杂 难探测

(1) 地面测量数字数据的误差

来源于地面测量的数字数据中含有控制测量和碎部测量误差。其中控制点误差又受控制网的参考基准、网形和观测精度以及观测费用等因素的影响。碎部点误差随继承了控制点的误差外，还受自身的观测方法、观测精度和地界的人为判断，以及地物地貌的取舍等因素的影响。当然，原始观测误差受观测仪器、观测者和外界环境三种因素影响。地面测量数据中的误差可以表现为随机误差、系统误差或粗差。一般而言，粗差采用可靠性理论探测剔除，系统误差采用实验方法校正或建立系统误差模型处理，随机误差采用随机模型，如最小二乘法平差处理。利用误差传播律可求得点坐标的方差—协方差阵或误差椭圆(球)元素采表达点坐标数据的精度。

(2) 地图数字化数据的误差

目前 GIS 数据的主要来源之一是现有地图数字化。原因固有误差和数字化过程误差是地图数字化数据误差的主要来源。原因固有误差除含有上述地面控制测量和碎部测量的全部误差外，还含有制图误差。

① 制图误差

a 、控制点展绘误差　展绘控制点是成图的第一步。对于与立体测图仪相连的直角坐

标展点仪而言，该项误差的均方根为 0.17—0.32mm，这在地图精度要求不高时可不予考虑。

b、编绘误差　地形图的编绘一般用摄影测量手段把各种原始资料化为同一比例尺的过程，其中所引入的误差大约在 0.30 一 0.33mm 之间。

c、绘图误差　绘图误差是在绘图过程中产生的。误差的范围为 0.06-0.18mm 之间。

d、综合误差　地图综合误差的大小取决于特征的类型与复杂程度，故该项误差极难量化。象曲线这类特征，其综合误差可能很大，而直线的综合误差又近似为零。当两个或两个以上的特征无法在图上适当表示时，需要人为地在地图上将特征表示符移位，使地图清晰易读。这种移位也会引起综合误差，其大小主要取决于特征的接近程度和成图比例尺的大小。比例尺越小，移位越大，误差也越大。

e、归化到同一比例尺所引起的误差　地图的比例尺是指真实的主比例尺。例如，对兰勃特正形投影而言，主比例尺只有沿着标准纬线时才是不变的，而标准纬线之内的比例尺变小，之外的比例尺变大。因此，在将地图数字化或者从地图量距时，必须利用适当的比例尺因子进行修正。

由于很难知道制图过程中各种误差间的关系以及图纸尺寸的不稳定性，因此，很难准确地评价原图固有误差。

② 数字化误差

数字化方式主要有手工数字化和扫描数字化。目前在生产实践中多采用扫描数字化，然后屏幕半自动化跟踪。线划跟踪与扫描数字化所引起的平面误差较小，只是在扫描数字化时，要素结合处出现的误差较大。

(3)遥感数据误差

遥感数据的误差累积过程可以区分为：数据获取误差、数据处理误差、数据分析误差、数据转换误差和人工判断误差。

① 数据获取误差

遥感资料获取时，存在着多种误差。其中有些误差源是可控的，例如，几何误差或辐射误差；有些则是不可控的，如气候条件和景观的自然变化。可控的数据获取误差又包括几何误差和遥感平台误差。

② 数据预处理误差

数据预处理包括利用地面控制进行校正，几何校正、图像增强和分类等。这些预处理会引入各种各样的误差。例如，几何校正会引起平面位置和专题误差。位置误差取决于校正模

型的逼近和校正模型参数求解时所用控制数据中的误差。专题误差来自重新抽样。分类本身就是一个引入显著误差的过程。潜在的分类误差源可能有遥感数据测量中的随机误差，类型清晰度中的模糊度，混合类型分类系统，以及不同的分类系统缺少相容性。

③ 数据转换误差

在矢量—栅格数据转换过程中，会出现显著误差。引起矢量数据栅格化误差的主要原因有两个：属性概括误差；拓扑匹配错误。栅格化误差的大小与下列因素有关：转换中所用的算法，格网的尺寸，栅格表达时的定向，以及地图图形的复杂性等。

④ 人工判读误差

在数据分析和判读阶段会引入人工判读误差。在 GIS 中使用遥感数据时，人工判读误差会影响随后的 GIS 分析结果。这种误差是主观的，因此难以量化，它与判读员从遥感影像中提取信息的能力和技能有关，还与影像的尺度和所需的概括程度有关。

2、操作误差

除了 GIS 原始录入数据本身带有的源误差外，空间数据在 GIS 的模型分析和数据处理等操作中还会引入新误差。如，由计算机字长引起的误差，拓扑分析引入的误差和叠置中引入的误差等。

(1)由计算机字长引起的误差

在计算机中，数据是由一定字长的编码数字表示的。舍入误差是由计算机字长引起的一种误差。这种误差出现在 GIS 的各种数值运算和模型分析过程中。由舍入误差引起的问题很多，例如 GIS 空间数据库中整数编码对面积和周长计算的影响，比例尺变换和旋转变换对拓扑关系的影响等。削弱舍入误差影响的方法主要有：增加字长并用带小数的实数表示数据；改变数据在计算机中的表达方式；采用合适的算法等。

(2)由拓扑分析引起的误差

GIS 中的拓扑分析会产生大量的误差。如矢量数据栅格化引起的拓扑匹配误差，多层叠置过程中产生的无意义多边形等。这是由于 GIS 中进行的大多数拓扑空间操作都隐含地假设：原始数据是均匀分布的，数字化过程没有错误；拓扑网络的叠置仅仅是网络多边形边界相交和重新构成网络问题;边界线能明确定义和描绘;所有的算法都假定为完全确定的操作；对某类型或其它自然因素所确定的分类区间是最合适的。

(3)数据分类和内插引起的误差

GIS 空间数据库中数据的许多不规则性是由所使用的分类方法和从点数据到面数据的

内插方法引起的，即它们作为 GIS 中的一种操作会引入许多误差。

以上讨论了 GIS 空间数据库中原始录用数据本身含有的源误差和随后空间操作中引入的新误差。一般来说，源误差远大于操作误差，因此，要想控制 GIS 产品的质量，良好的原始录用数据是首要的。

5、空间数据的投影变换

5.1、常见的几种投影变换类型

(1) 通用横向墨卡托投影（UTM）

通用横向墨卡托投影是横轴等角割圆柱投影，圆柱割地球于两条等高圈。该投影将地球划分为60个投影带,每带经差为6度，已被许多国家作为地形图的数学基础。一般从南纬度80到北纬度84度的范围内使用该投影， 对于两极地区则采用UPS投影(通用球面极投影)。

(2) 亚尔伯斯等积圆锥投影

亚尔伯斯等积圆锥投影即为双标准纬线投影，也即正轴等面积割圆锥投影。该投影经纬网的经线为辐射直线，纬线为同心圆圆弧。亚尔伯斯等积圆锥投影的应用在编制一些行政区划图，人口地图，地势图等方面应用较广。如中国地势图，即是以Q1=25度，Q2=45度的亚尔伯斯等积圆锥投影。

(3) 兰伯特等角圆锥投影

兰伯特等角圆锥投影也称兰勃脱正形圆锥投影，该投影的微分圆投影后仍为圆形。经线为辐射直线，纬线为同心圆圆弧。指定两条标准纬度线Q1，Q2，在这两条纬度线上没有长度变形,即M=N=1。此种投影也叫等角割圆锥投影，可用来编制中，小比例尺地图。等角圆锥投影有广泛的应用，特别适宜于作为中纬度处沿纬度线伸展的制图区域之投影，投影后经线为辐射直线,纬度线为同心圆圆弧。我国的分省图，即为两条标准纬度线为Q1=25度，Q2=45度的兰伯特等角圆锥投影。1962年以后，**百万分之一地图采用了等角圆锥投影(南纬度80度，北纬度84度)**，极区附近，采用等角方位投影(极球面投影)。

(4) 墨卡托投影（等角正圆柱投影）

等角正圆柱投影也称墨卡托投影，经纬线投影为互相正交的平行直线。该投影在航海,航空应用很广。航海图上的等角航线常使用该投影。使用该投影，等角航线在地图上是一条

直线。

(5) 高斯-克吕格(GAUSS-KRUGER)

高斯-克吕格(GAUSS-KRUGER)是等角横切椭圆柱投影。该投影以中央经线和赤道投影后为坐标轴，中央经线长度比=1。为了控制变形，本投影采用分带的办法。如果将地球划分为60个投影带，每带经差为6度，就是6度分带法；如果将地球划分为120个投影带，每带经差为3度，就是3度分带法。该投影已被许多国家作为地形图的数学基础，一般从南纬度80到北纬度84度的范围内使用该投影。对于两极地区则采用UPS投影(通用球面极投影)。高斯-克吕格投影通常投影带为6度或3度，超过了6度后变形会增大。一般常用来制作大比例尺的地图投影，如1/50万、1/10万、1/5万、1/1万等。

（6）普通多圆锥投影

普通多圆锥投影的经线为对称于中央经线和赤道的曲线，纬线投影为同轴圆圆弧，弧心位于中央直径线上，中央经线是直线，M=1，纬线与中央经线正交，N=1.该投影适用于沿中央经线延伸的区域（15度范围内）。常用于编制中、小比例尺的数学基础。该投影在美国被广泛应用，是百万分一地图投影的基础。

5.2、投影变换

投影变换是研究从一种地图投影点的坐标变换为另一种地图投影点的坐标的理论和方法。在大地测量和地形测量中，往往需要进行不同坐标系间的坐标变换，即坐标换带计算。随着计算机地图制图的发展，研究地图投影变换的理论和方法日益重要和迫切，因为在采用制图自动作业中，必须首先提供从一种地图投影点的坐标变换为另一种地图投影点的坐标的关系式即数学模式，才能进行这种作业，因为如果没有这两种不同投影点的坐标变换关系式，就无法编制出合乎变换要求的，适用于电子计算机进行变换所需要的程序设计，所以，地图投影变换已成为计算机地图制图的一个组成部分。为了适应计算机地图制图，信息系统建设，遥测图象显示和定位，以及满足空间遥感技术和拓朴变换的需要，地图投影变换已逐步发展成为研究空间数据处理，以及空间点位和平面点变换的理论和方法及其应用的数学制图学的一个分支学科。地图投影变换可广义地理解为研究空间数据处理，变换及应用的理论和方法，它可表达为：

$$(x', y', z') \text{———} (\varphi, \lambda) \text{———} (x, y) \text{———} (X, Y)$$

地图投影变换可狭义地理解为建立两平面场之间点的一一对应的函数关系。

1）标准图框

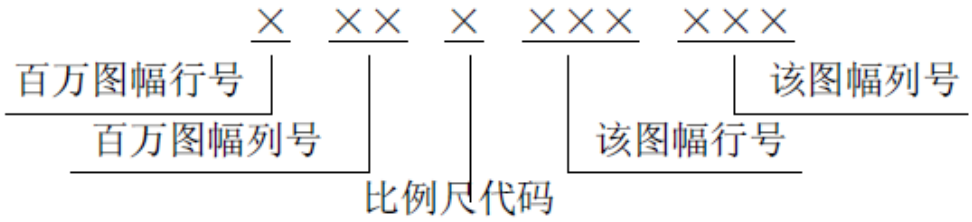
- 标准图幅的分幅与编号

我国基本比例尺的地形图包括1：5000、1：1 万、1：2.5 万、1：5 万、1：10万、1：25 万、1：50 万、1：100 万共8 种不同比例尺的图框。基本比例尺地图以经纬线分幅制作，它们以1：100 万地图为基础，按规定的经差和纬差采用逐次加密划分方法划分图幅。这样不同比例尺的图幅将1：100 万的图幅划分成若干行和列，使相邻比例尺地图的经纬差、行列数和图幅数成简单的倍数，如下表所示，我国的1:100 万地形图的分幅按照国际1:100 万的地图分幅标准进行。每幅1:100 万地图包括的范围为纬差4°、经差6°。从地球赤道起，向两极每纬度4°为一行，依次以拉丁字母A，B，C，…，V 表示；从经度180°起，自西向东每经度6°为一列，依次以阿拉伯数字1，2，3，…，60表示。每幅1：100 万地图的编号由该图幅所在的行号（字符码）和列号（数字码）组成，如北京所在的1:100 万地图的图幅编号为J50。

比例尺		1:100 万	1:50 万	1:25 万	1:10 万	1:5 万	1:2.5 万	1:1 万	1:5000
图幅范围	经差	6°	3°	1° 30′	30′	15′	7′ 30″	3′ 45″	1′52.5″
	纬差	4°	2°	1°	20′	10′	5′	2′ 30″	1′ 15″
行列关系	行数	1	2	4	12	24	48	96	192
	列数	1	2	4	12	24	48	96	192
图幅间数量关系		1	4	16	144	576	2304	9216	36864
			1	4	36	144	576	2304	9216
				1	9	36	144	576	2304
					1	4	16	64	256
						1	4	16	64
							1	4	16
								1	4
比例尺代码		A	B	C	D	E	F	G	H

1:50 万～1:5000 地图的编号以 1:100 万地形图编号为基础，采用行列编号方法，即将1：100 万地形图按所含各比例尺地形图的经差和纬差划分成若干行和列，横行从上到下、纵列从左到右按顺序分别用阿拉伯数字（数字码）编号，这样便于计算机运算处理。表示图

幅编号的行、列代码均采用 3 位数字表示，不足 3 位时前面补 0，取行号在前、列号在后的排列形式标记，加在 1：100 万图幅的图号之后。为了使各种比例尺不至混淆，分别采用不同的字符作为各种比例尺的代码，如下表所示。每幅图的编号是由该图幅所在的 1:100 万地图编号、比例尺代码以及各自图幅所在的行号和列号的数字码组成，其表达格式为：



- 标准图框的生成步骤（以 mapgis 中的操作步骤为例）

标准图框分为矩形图框和梯形图框，生成步骤如下：

（1）新建图框模板：分为矩形图框模板（*.jmb）和梯形图框模板（*.mb）。

（2）选择图框模板：选择要创建的图框所采用的模板。

（3）根据选择的模板，按照向导逐步生成图框要素类或简单要素类。

注意事项：

(1) 对 1：5000，1：1 万、1：2.5 万、1：5 万、1：10 万、1：20 万比例尺，只产生高斯-克吕格投影下的标准图框；对 1：50 万比例尺，可生成高斯投影、兰勃脱投影、墨卡托投影和 UTM 投影下的标准图框；对 1：100 万比例尺，可生成正轴等角圆锥投影下的标准图框。

(2) 生成 1：5000，1：1 万、1：2.5 万、1：5 万、1：10 万及 1：20 万、1：25 万比例尺的标准图框时，参数输入中要求输入网间间隔，它在公里网或高斯坐标模式下用作公里网间距，在经纬网或地理坐标模式下用作经纬网间距。

(3) 对话框参数输入中要求输入的经纬度数必须是标准图幅内的经纬度,不允许跨幅绘制图框。

(4) 1：5000、1：1 万、1：2.5 万可用 3 度分带，也可以用 6 度分带绘制图框。缺省情况下，1：5000，1：1 万为 3 度分带，1：2.5 万用 6 度分带。

6、空间数据管理

建库的建立过程：

在地理信息系统的建设中，基础地形库的建设大概要占到整个系统的 70%左右。由此可以看到数据库的建设在 GIS 系统的建设过程中占有极其重要的地位。

但是，在建库的过程中总会碰到各种各样的问题，从而导致建库的困难，甚至无法完成建库的工作。要解决建库遇到的各种问题，顺利的完成建库，就要对建库的整个过程进行分析，从中找出影响建库的最主要的因素，并认真的分析这些因素产生的根本原因，制定出解决这些问题的解决方案，从而才能有意识的，有计划的消除在工程实践中各种不确定和确定因素对建库的影响，从而顺利的建库。

1、 数据建模：

主要是根据具体行业的特点及对其的理解，制定出数据规范，在逻辑上建设数据库。数据建模的目的是根据对应用行业的理解，在逻辑和概念上对数据库进行设计，其影响的是数据库建设完毕后的合理性、通用性和可扩展性。建模是否成功将直接影响到系统是否易用、易扩展，甚至是否成功。地理信息数据库建库过程中遇到的各种问题主要是数据问题，对系统成功进行了建模之后，若数据存在问题，将直接影响到数据的入库。

2、 数据校验：

主要是检测数据的正确性，保证数据质量、数据规范，并可以被系统能正确识别的数据。这主要依赖于在数据库建库的第一个过程中执行，即数据库标准的制定和数据规范。产生的主要矛盾在于，因为 GIS 平台的不一致，各个平台对空间数据描述的模型不同，而导致了在一个平台上生成的数据在另一个平台不能正确读出，从而导致转换前后矢量或属性数据的丢失，甚至无法转换的结果。

3、 数据入库：

主要是将获取的各种数据，例如纸介质数据，矢量数据，栅格数据，遥感影像数据等准确的导入到数据库中。在数据入库的过程中，其核心是如何依据所制定的数据规范将各种格式的数据，准确的、快速的导入到数据库中。在这个过程中遇到的问题，其根本就是如何解决不同平台之间数据集成的问题。在目前，实现地理信息多源数据集成的方式大致有三种，即数据互操作模式，直接数据访问模式和数据格式转换模式。

第六章　GIS 的数据输出

1、输出方式

地理信息系统产品是指经由系统处理和分析，可以直接供专业规划人员或决策人员使用的各种地图、图表、图象、数据报表或文字说明。地理信息系统产品输出是指将 GIS 分析或查询检索的结果表示为某种用户需要的可以理解的形式的过程，其中，地图图形输出是地理信息系统产品的主要表现形式。

目前，一般地理信息系统软件都为用户提供三种图形、图像输出方式以及属性数据报表输出，屏幕显示主要用于系统与用户交互时的快速显示，是比较廉价的输出产品，需以屏幕摄影方式做硬拷贝，可用于日常的空间信息管理和小型科研成果输出；矢量绘图仪制图用来绘制高精度的比较正规的大图幅图形产品。喷墨打印机，特别是高品质的激光打印机已经成为当前地理信息系统地图产品的主要输出设备。

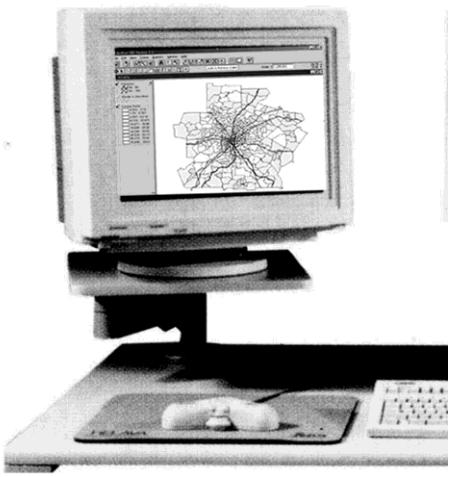
以下为主要图形设备输出一览表：

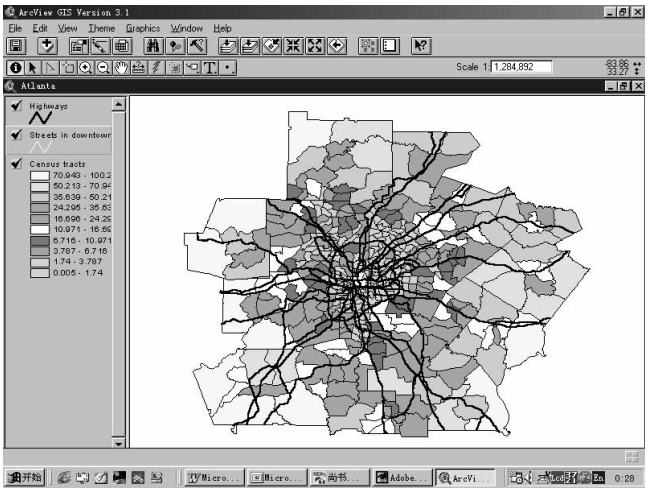
设备	图形输出方式	精度	特点
矢量绘图机	矢量线划	高	适合绘制一般的线划地图，还可以进行刻图等特殊方式的绘图
喷墨打印机	栅格点阵	高	可制作彩色地图与影象地图等各类精致地图制品。
高分辨彩显	屏幕象元点阵	一般	实时显示 GIS 的各类图形、图象产品。
行式打印机	字符点阵	差	以不同复杂度的打印字符输出各类地图，精度差，变形大。
胶片拷贝机	光栅	较高	可将屏幕图形复制至胶片上，用于制作幻灯片或正胶片。

一、屏幕显示

由光栅或液晶的屏幕显示图形、图像，通常是比较廉价的显示设备，常用来做人和机器

交互的输出设备，其优点是代价低、速度快，色彩鲜艳，且可以动态刷新，缺点是非永久性输出，关机后无法保留，而且幅面小、精度低、比例不准确，不宜作为正式输出设备。但值得注意的是，目前，也往往将屏幕上所显示的图形采用屏幕拷贝的方式记录下来，以在其它软件支持下直接使用。下图为通过屏幕输出的地图：





二、矢量绘图

矢量制图通常采用矢量数据方式输入，根据坐标数据和属性数据将其符号化，然后通过制图指令驱动制图设备；也可以采用栅格数据作为输入，将制图范围划分为单元，在每一单元中通过点、线构成颜色、模式表示，其驱动设备的指令依然是点、线。矢量制图指令在矢量制图设备上可以直接实现，也可以在栅格制图设备上通过插补将点、线指令转化为需要输出的点阵单元，其质量取决于制图单元的大小。

三、打印输出

打印输出一般是直接由栅格方式进行的，可利用以下几种打印机：

①行式打印机：打印速度快，成本低，但还通常需要由不同的字符组合表示象元的灰度值，精度太低，十分粗糙，且横纵比例不一，总比例也难以调整，是比较落后的方法。

②点阵打印机：点阵打印可用每个针打出一个象元点，点精度达 0．141mm，可打印精美的、比例准确的彩色地图，且设备便宜，成本低，速度与矢量绘图相近，但渲染图比矢量绘图均匀，便于小型地理信息系统采用，目前主要问题是幅面有限，大的输出图需拼接。

③喷墨打印机（亦称喷墨绘图仪）：是十分高档的点阵输出设备，输出质量高、速度快，随着技术的不断完善与价格的降低，目前已经取代矢量绘图仪的地位，成为 GIS 产品主要的

输出设备，如下图：



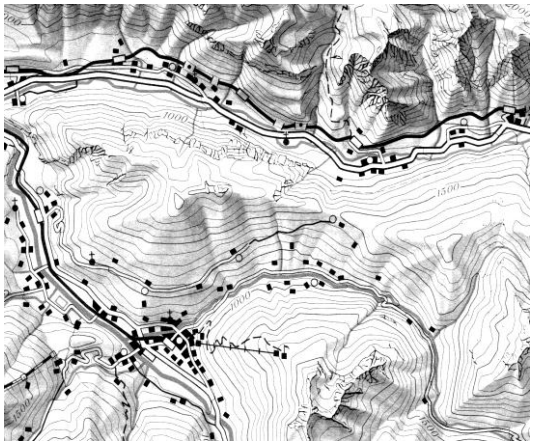
④激光打印机：是一种既可用于打印又可用于绘图的设备，其绘图的基本特点是高品质、快速。由于目前费用较高，尚未得到广泛普及，但代表了计算机图形输出的基本发展方向。

2、输出产品

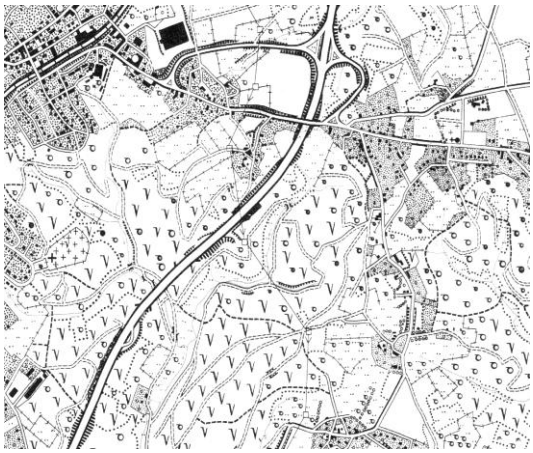
地理信息系统产品是指由系统处理、分析，可以直接供研究、规划和决策人员使用的产品，其形式有地图、图像、统计图表以及各种格式的数字产品等。地理信息系统产品是系统中数据的表现形式，反映了地理实体的空间特征和属性特征。

一、地图

地图是空间实体的符号化模型，是地理信息系统产品的主要表现形式，根据地理实体的空间形态，常用的地图种类有点位符号图、线状符号图、面状符号图、等值线图、三维立体图、晕渲图等。点位符号图在点状实体或面状实体的中心以制图符号表示实体质量特征；线状符号图采用线状符号表示线状实体的特征；面状符号图在面状区域内用填充模式表示区域的类别及数量差异；等值线图将曲面上等值的点以线划连接起来表示曲面的形态；三维立体图采用透视变换产生透视投影使读者对地物产生深度感并表示三维曲面的起伏；晕渲图以地物对光线的反射产生的明暗使读者对三维表面产生起伏感，从而达到表示立体形态的目的，如下图：



晕渲地形图



普通地图

二、图象

图像也是空间实体的一种模型，它不采用符号化的方法，而是采用人的直观视觉变量（如灰度、颜色、模式）表示各空间位置实体的质量特征。它一般将空间范围划分为规则的单元（如正方形），然后再根据几何规则确定的图像平面的相应位置用直观视觉变量表示该单元的特征，下两图为由喷墨打印机输出的正射影象地图。



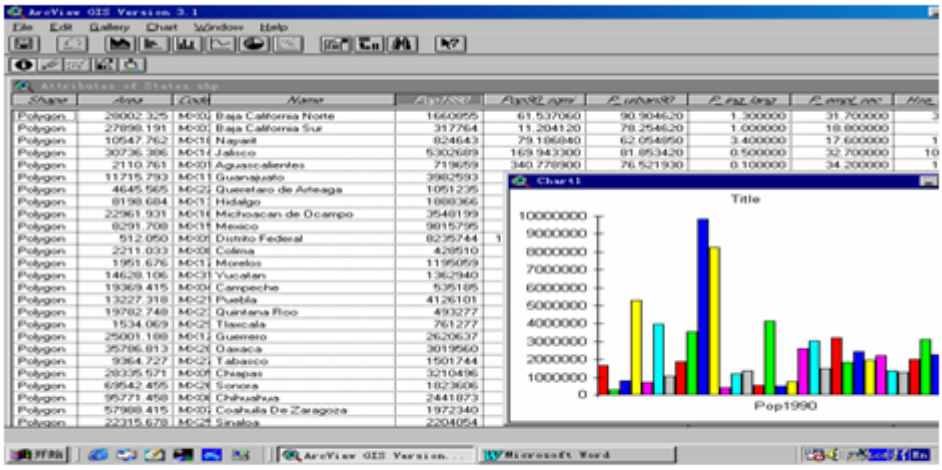
正射影象地图



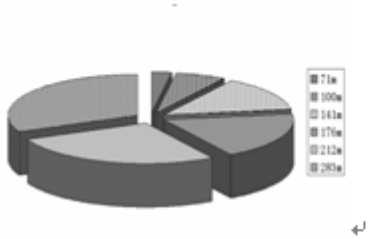
三峡库区三维模拟地图

三、统计图表

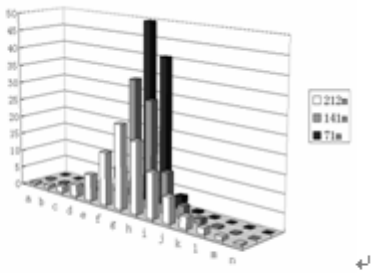
非空间信息可采用统计图表表示。统计图将实体的特征和实体间与空间无关的相互关系采用图形表示，它将与空间无关的信息传递给使用者，使得使用者对这些信息有全面、直观的了解。统计图常用的形式有柱状图、扇形图、直方图、折线图和散点图等。统计表格将数据直接表示在表格中，使读者可直接看到具体数据值。



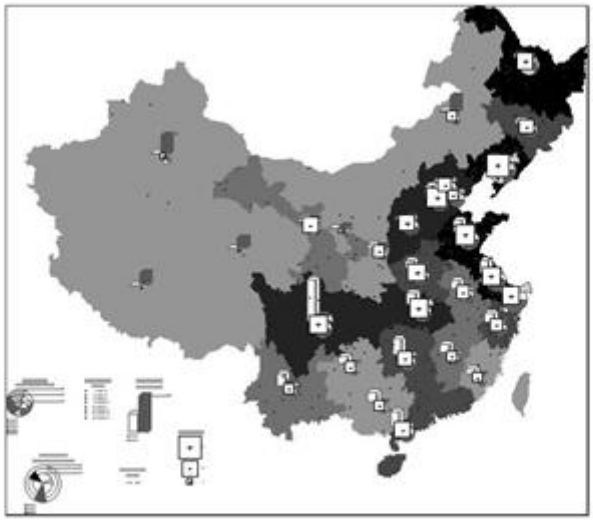
ARC/VIEW 制作的统计表格与直方图



圆饼状统计图



直方统计图



GIS 输出的专题地图（以统计符号表示工农业产值）

随着数字图像处理系统、地理信息系统、制图系统以及各种分析模拟系统和决策支持系统的广泛应用，数字产品成为广泛采用的一种产品形式，供信息作进一步的分析和输出，使得多种系统的功能得到综合。数字产品的制作是将系统内的数据转换成其它系统采用的数据形式。

3、电子地图系统简介

在 80 年代中期，随着数字地图及地理信息系统技术的发展和应用，随着计算机视觉化研究的深入，在侧重于空间信息的表现与显示的基础上，电子地图应运而生。电子地图主要应用于政府宏观管理、科学研究、规划、预测、大众传播媒介、信息服务等领域。另外，它与全球定位系统(GPS)相结合，在航天、航空领域、军事领域以及汽车导航中也发挥着十分广泛的作用。目前，在国际上影响较大的电子地图有美国世界影像电子地图集、加拿大国家电子地图集。在美国、英国、日本等国用于政府高层宏观决策与信息服务的电子屏幕显示系统中均有大量的电子地图。随着发展，众多的地理信息系统的应用成果也都以电子地图的形式来展示。目前，在电子地图系统方面的研究与应用方面，我国也取得了一定的成果。

一、电子地图的基本特征

电子地图是以地图数据库为基础，以数字形式存贮于计算机外存贮器上，并能在电子屏幕上实时显示的可视地图，又称“屏幕地图”或“瞬时地图”。根据电子地图存贮介质的不同又可分为“磁盘地图”或“光盘地图”等。

电子地图的主要优点在于：

(1)电子地图数据库可包括图形、图像、文档、统计数据等多种形式，也可与视频、音频信号相连，数据类型与数据量的可扩展性比较强；

(2)电子地图的检索十分方便，多种数据类型、多个窗口可以在同一屏幕上分层、实时地进行动态显示，具有广泛的可操纵性，用户界面十分友好；

(3)信息的存贮、更新以及通讯方式较为简便，便于携带与交流；

(4)可以进行动态模拟，便于定性与定量分析，具有较强的灵活性，为地图及其相关信息深层次的应用打下了坚实的基础；

(5)可缩短大型系列地图集的生产周期和更新周期，降低生产成本。

与输出硬设备相连，可将电子地图上的多种信息制成硬拷贝。

二、电子地图系统的运行环境

电子地图效用的发挥必须依据一定的硬件和软件环境的支持。其运行要求的基本硬件环境，如下图所示。其中，数字化仪、扫描仪、硬拷贝机以及绘图机等硬件，是为了建立电子地图数据库以及数据、产品采取多种形式输出而配置的。如果只是单纯地显示电子地图，可以不需要配置这些硬件。光盘驱动器是光盘地图必备的硬设。

电子地图软件系统的结构如下图所示，其中各功能模块的主要作用简述如下：

(1)生成模块

生成模块包括多种地图制图、文字编辑、图表生成、影像恢复、数据更新等功能。

(2)分析模块

该模块依据不同的用户层次的具体要求而设计，全面考虑电子地图的内容和用途，可设置各种专用模块，或者设置定性分析、定量分析、相关分析、动态分析等功能。

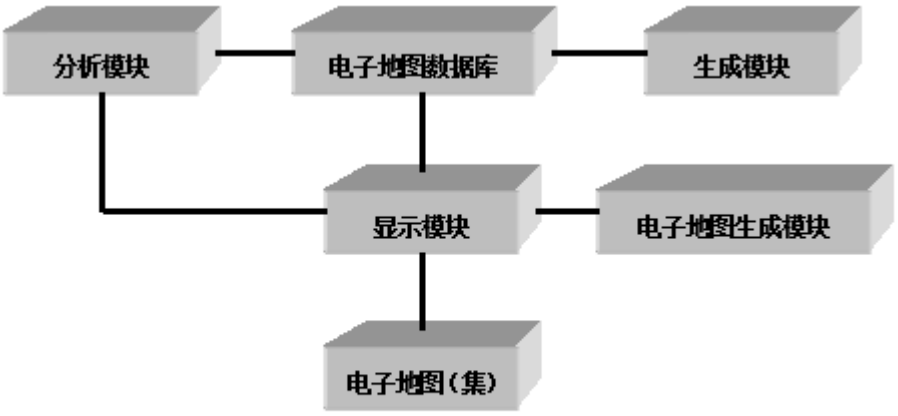
(3)显示模块

显示模块包括检索方式、属性查询、静态显示(多窗口、多种数据类型、分层叠加显示)、动态显示(滚动、闪烁、漫游、动态模拟等)、图形缩放、翻页、模拟产品输出等功能。

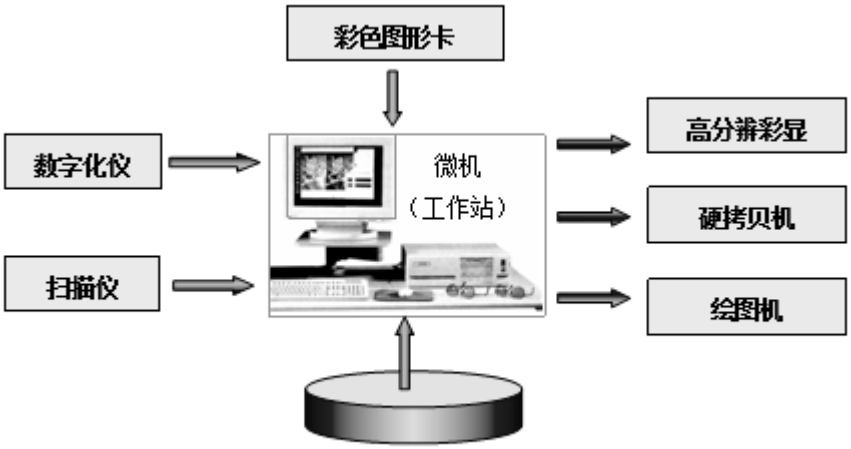
电子地图系统的设计由于受运行环境的影响，应充分考虑其视觉感受的心理与生理特点，讲求实效，着重提高电子地图的表现力，增强地图的分析和应用功能。一个完善的、用于信息服务的电子地图系统应该与多媒体技术、超介质载体及地理信息系统相联系。

随着计算机地图制图的进一步发展，电子地图、多媒体地图的问世及其进一步深入的研究，一定会在现代信息社会中发挥越来越越重要的作用。

光盘驱动器



电子地图系统软件环境



电子地图软件环境

GIS 元数据

地理信息元数据通过对数据特征信息的详细共享规程，对空间数据进行有效的组织和管理，在数据提供者、管理者、使用者之间建立交流的通道，解决了空间数据异构性与数据共享之间的矛盾。

随着空间数据急剧增加，如何有效地组织、管理、应用和保护这些数据，特别是涉及到国家军事、政治、经济地重要基础地理数据，是我们面临地一个重要课题。此外，空间数据建设是一个耗资巨大地过程，为了减少不必要的重复性建设，空间数据的共享具有十分重要的意义。

4、地理信息系统中元数据的概念

1、地理信息元数据的概念

地理信息元数据，即“空间数据的数据”，是关于空间数据和相关资源的描述性信息。它通过对地理空间数据的内容、质量、条件、位置和其他特征进行描述与说明，帮助和促进人们有效地定位、评价、比较、获取和使用地理相关数据。

地理信息元数据是对空间数据的缩影，通过它可以有效地组织和管理空间数据，可以建立空间信息的数据目录和交换中心，集成多元、异构的空间信息系统，帮助人们使用、接受理解空间信息。

2、地理信息元数据标准

由于地理信息元数据在开放环境中的重大意义，国际上对地理信息元数据标准的研究已广泛开展，主要有 FDGC（美国联邦数据委员会）与 1994 年颁布的地球空间元数据内容标准 CSDGM(Content Standardfor Dgital Geospatial Metadata)和 ISO 地理信息技术委员会于 1997 年推荐的 ISO/TC211,这两个标准都对地理信息数据进行了比较详细的描述。我国的地理信息元数据标准的制定工作也在进行中，目前已制定的“中国可持续发展信息共享元数据标准、NREDIS 信息共享元数据内容标准草案”、国家基础地理信息系统（NFGIS）“地理信息元数据标准草案”为空间数据库的建设提供了蓝本，有利于我国地理信息系统互操作程度的提高，为 WebGIS（网络地理信息系统）和地理信息 Web Service（网络服务）的发展奠定了基础。

3、地理信息元数据表达

XML（eXtensible Markup Language）是由 W3C 提出应用于 Internet 环境中的数据交换技术，它以清晰的层次化结构、良好的可扩展性、自描述性、开放性等特点引起了各领域的关注，并得到推广采纳。地理语言（Geography Markup Language，简称 GML）是 XML 在地理空间信息领域的应用，它由 OGC（开放式地理信息系统协会）于 1999 年提出，表示地理空间对象的空间数据和非空间属性数据。

利用 XML 来表达地理信息元数据整合了 XML 自身的特点以及空间元数据的重要意义，其优越性和作用十分巨大。

1、 XML 是一种层次化标记语言，空间元数据的组织也具有层次性嵌套结构，因此编辑 Well Formed（格式良好）的 XML 格式的元数据十分简单。

2、 有助于实现地理空间数据的标准化。空间元数据可以被 SML 惟一地标识，通过 XML 可以识别元数据以及空间数据，利于空间数据参与数字地球的资源共享和查询，提高 GIS 服务的互操作性。

3、 由于内容与形式的分离，XML 只描述数据本身，数据的具体表现形式可利用 XSL 样式表语言进行转换，使地理信息能根据不同用户所拥有的元数据视图动态匹配表现。

4、 用 XML 在现有 Web 上传输空间元数据具有可行性，利用原有的 HTTP 协议，不需要改变网络基础，成本低。

5、 XML 具有标准的域说明方法，支持 DOM（文档对象模型标准）、XLink（XML 链接语言）标准和 XPointer（XML 指针语言）标准。使用 XML 可以跨越国界，在不同的计算机系统间交换空间元数据信息。同时，由于网络环境下对信息的修改、复制和分发十分容易，数据的传输、应用都存在极大的安全隐患。XML/GML 作为数据载体，仅仅只是定义了数据格式，而且 XML 文件是明文格式，没有实现数据的安全保护。因此需要利用 XML 加密处理，保证网络环境中数据的可见性控制，进而防止空间数据被非法用户获取识别。

5、GIS 元数据系统

作为对地理现实世界的抽象描述，空间数据有局限性，元数据可以让用户充分了解其限定性、局限性，并恰当估价其对特定应用目的的实用性。所以，随着地理空间数据生产者和用户数量的增加，利用适当的元数据文献来描述数据，利用空间元数据技术平台合理地管理空间元数据将成为数据生产、存储、更新和再利用的必然趋势。

目前元数据已成为国际地理信息领域的研究热点，当许多部门开始意识到地理空间元数据标准的重要性时，元数据标准化作为一项独立研究内容的需求也越来越明显。1994 年，美国联邦地理数据委员会（FGDC）便开始了元数据的研究，发展了一种以元数据为核心的标准，以便实现数据查询、共享、减少重复生产以及促使其合理使用。欧洲标准化委员（CEN）会也于 1995 年推出了一个有关地理信息描述的元数据标准草案。但由于 FGDC 的元数据内容标准仅仅包含了标准则显得有些过于简单，不能全面反映地理空间信息的特征。1994 年后期，国际标准组织面对地理信息数据标准化的趋势，成立了地理信息/地球信息业技术委员会，即 ISO/TC 211，编号为 ISO 15046,用于专门建立地理信息标准。

ISO/TC 211 元数据标准的目的是提供一个描述地理空间数据集的过程，以便用户能够查询和访问地理空间数据，并可以判断确定所拥有的数据集的适宜性。具体方法为通过建立一个元数据术语、定义及扩展的公用集合，使地理数据的管理、检索和使用更加有效，为那些不熟悉地理空间数据的人们很方便地提供表征他们地理数据的所需信息。

地理信息系统（GIS）是对空间数据处理、分析、集成等操作最有效的工具，在 GIS 中使用元数据的目的主要有：

（1）数据分析需要：地球空间数据分析是 GIS 有别于其它信息系统的功能，数据分析的每个过程都要有地球空间元数据的支持。如在叠加分析中，首先系统获取要分析的多层地球空间数据的范围、坐标体系、空间位置坐标等信息以便将数据显示到一起；然后获取数据的空间信息，将相应的空间特征合并到一起；接下来获取属性数据的结构信息，把相应的属性合并到一起；最后通过数据的结构信息把分析结果存储到新的数据中。其它的数据分析和处理过程也要用到数据集的、系统的元数据。

（2）系统完整性和可扩展性需求：面向对象的 GIS 的目标之一是把客观世界中的地学过程或特征表示为类的例子，过程的复杂性导致“类的类”结构，为保证对数据的处理应该获得数据结构静态信息和系统运行中临时形成的面向对数据结构和系统结构的动态信息，即数据和系统的元数据。开放 GIS 的特点之一是功能的可扩充性，运行添加的功能块必须获取该模块对特殊地球空间元数据和因该模块的添加引起的系统运转和数据处理过程中系统动态信息。

（3）浏览差错功能需求：对数据集空间和属性特征浏览时 GIS 需要解译数据结构及具体内容，而这些信息是以元数据来表达的。在出现差错时使用地球空间元数据和系统动态信息有助于检测数据处理及系统运行状态。

（4）程序生成：如果允许访问元数据，则可以利用关于结构的信息自动生成可实现某些特殊功能的程序，如数据库查询的优化处理等。

第七章　空间分析

空间分析是 GIS 系统的重要功能之一，是 GIS 系统与 CAD 的主要区别。空间分析的对象是一系列跟空间位置有关的数据，这些数据包括空间专业坐标和专业属性两部分，其中空间坐标用于描述实体的空间位置和几何形态，专业属性则是实体某一方面的性质

地理信息系统的空间分析一般包括三大方面：专题图的空间分析、网络分析、DTM 分析。

1、矢量数据分析的基本方法

矢量数据空间分析的目的是解决某类与地理空间有关的问题，通常涉及多种空间分析操作的组合。好的空间分析过程设计将十分有利于问题的解决，一般步骤是：

1）明确分析的目的和评价准则；

2）准备分析数据；

3）进行空间分析操作；

4）进行结果分析；

5）解释、评价结果（如有必要，返回步骤 1）；

6）结果输出（地图、表格和文档）。

矢量数据常用的空间分析基本原理与方法有以下几种：

一．叠加分析

叠加分析是地理信息系统最常用的提取空间隐含信息的手段之一。该方法源于传统的透明材料叠加，即将来自不同的数据源的图纸绘于透明纸上，在透光桌上将其叠放在一起，然后用笔勾出感兴趣的部分—提取出感兴趣的信息。地理信息系统的叠加分析是将有关主题层组成的数据层面，进行叠加产生一个新数据层面的操作，其结果综合了原来两层或多层要素所具有的属性。叠加分析不仅包含空间关系的比较，还包含属性关系的比较。地理信息系统叠加分析可以分为以下几类：视觉信息叠加、点与多边形叠加、线与多边形叠加、多边形叠

加等。

1、视觉信息叠加

视觉信息叠加是将不同侧面的信息内容叠加显示在结果图件或屏幕上，以便研究者判断其相互空间关系，获得更为丰富的空间信息。地理信息系统中视觉信息叠加包括以下几类：

- 点状图，线状图和面状图之间的叠加显示。
- 面状图区域边界之间或一个面状图与其他专题区域边界之间的叠加。
- 遥感影像与专题地图的叠加。
- 专题地图与数字高程模型（DEM）叠加显示立体专题图。

视觉信息叠加不产生新的数据层面，只是将多层信息复合显示，便于分析。

2、点与多边形叠加

点与多边形叠加，实际上是计算多边形对点的包含关系。矢量结构的 GIS 能够通过计算每个点相对于多边形线段的位置，进行点是否在一个多边形中的空间关系判断。

在完成点与多边形的几何关系计算后，还要进行属性信息处理。最简单的方式是将多边形属性信息叠加到其中的点上。当然也可以将点的属性叠加到多边形上，用于标识该多边形，如果有多个点分布在一个多边形内的情形时，则要采用一些特殊规则，如将点的数目或各点属性的总和等信息叠加到多边形上。

通过点与多边形叠加，可以计算出每个多边形类型里有多少个点，不但要区分点是否在多边形内，还要描述在多边形内部的点的属性信息。通常不直接产生新数据层面，只是把属性信息叠加到原图层中，然后通过属性查询间接获得点与多边形叠加的需要信息。例如一个中国政区图（多边形）和一个全国矿产分布图（点），二者经叠加分析后，并且将政区图多边形有关的属性信息加到矿产的属性数据表中，然后通过属性查询，可以查询指定省有多少种矿产，产量有多少；而且可以查询，指定类型的矿产在哪些省里有分布等信息。

3、线与多边形叠加

线与多边形的叠加，是比较线上坐标与多边形坐标的关系，判断线是否落在多边形内。计算过程通常是计算线与多边形的交点，只要相交，就产生一个结点，将原线打断成一条条弧段，并将原线和多边形的属性信息一起赋给新弧段。叠加的结果产生了一个新的数据层面，每条线被它穿过的多边形打断成新弧段图层，同时产生一个相应的属性数据表记录原线和多边形的属性信息。根据叠加的结果可以确定每条弧段落在哪个多边形内，可以查询指定多边形内指定线穿过的长度。如果线状图层为河流，叠加的结果是多边形将穿过它的所有河流打

断成弧段，可以查询任意多边形内的河流长度，进而计算它的河流密度等；如果线状图层为道路网，叠加的结果可以得到每个多边形内的道路网密度，内部的交通流量，进入、离开各个多边形的交通量，相邻多边形之间的相互交通量。

4、多边形叠加

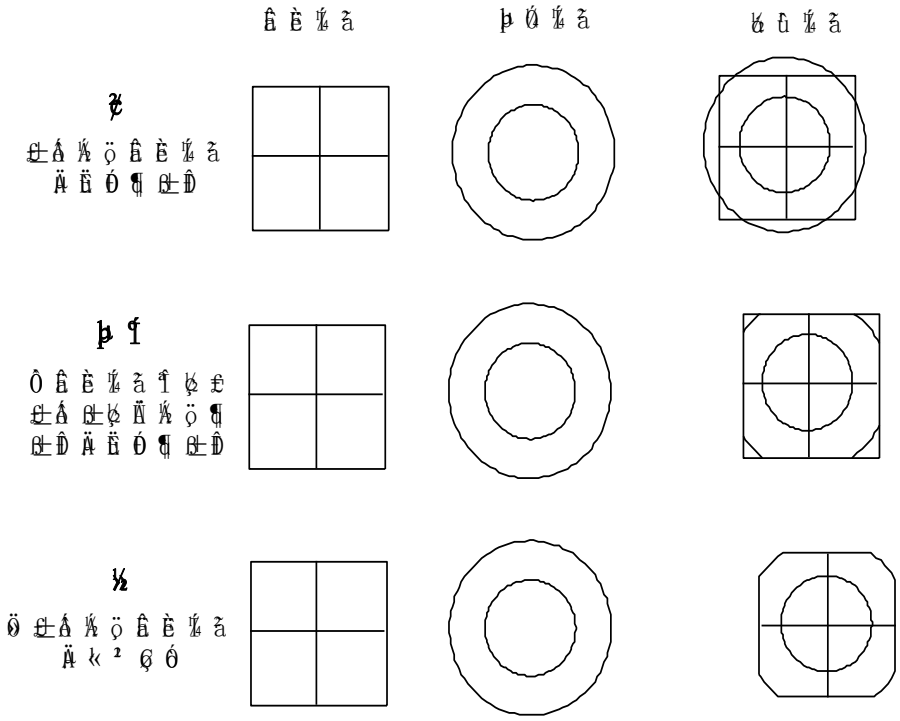
多边形叠加是 GIS 最常用的功能之一。多边形叠加将两个或多个多边形图层进行叠加产生一个新多边形图层的操作，其结果将原来多边形要素分割成新要素，新要素综合了原来两层或多层的属性。

叠加过程可分为几何求交过程和属性分配过程两步。几何求交过程首先求出所有多边形边界线的交点，再根据这些交点重新进行多边形拓扑运算，对新生成的拓扑多边形图层的每个对象赋一多边形唯一标识码，同时生成一个与新多边形对象一一对应的属性表。由于矢量结构的有限精度原因，几何对象不可能完全匹配，叠加结果可能会出现一些碎屑多边形，通常可以设定一模糊容限以消除它。

多边形叠加结果通常把一个多边形分割成多个多边形，属性分配过程最典型的方法是将输入图层对象的属性拷贝到新对象的属性表中，或把输入图层对象的标识作为外键，直接关联到输入图层的属性表。这种属性分配方法的理论假设是多边形对象内属性是均质的，将它们分割后，属性不变。也可以结合多种统计方法为新多边形赋属性值。

多边形叠加完成后，根据新图层的属性表可以查询原图层的属性信息，新生成的图层和其它图层一样可以进行各种空间分析和查询操作。

根据叠加结果最后欲保留空间特征的不同要求，一般的 GIS 软件都提供有下面三种类型的多边形叠加操作，如图所示：



多边形的不同叠加方式

二． 包含查询分析

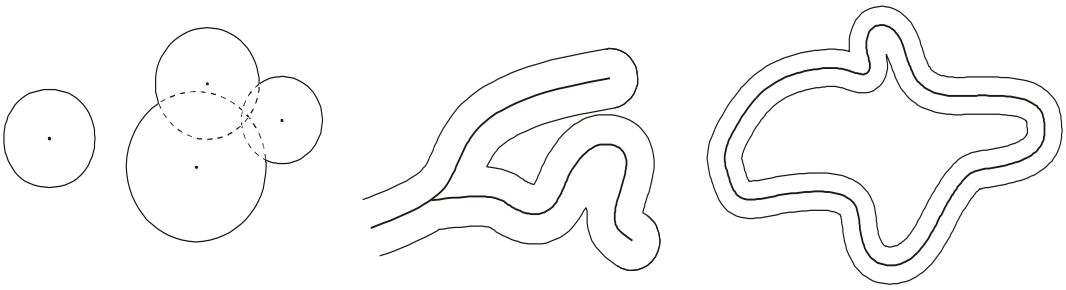
包含分析确定要素之间是否存在着直接的联系，即矢量点、线、面之间是否存在在空间位置上的联系，这是地理信息分析处理中常要提出的问题，也是在地理信息系统中实现图形—属性对位检索的前提条件与基本的分析方法。例如，若在计算机屏幕上利用鼠标点击对应的点状、线状或面状图形，查询其对应的属性信息；或需要确定点状居民地与线状河流或面状地类之间的空间关系（如是否相邻或包含），都需要利用矢量数据的包含分析与数据处理方法。例如，要确定某个井位属于哪个行政区；要测定某条断裂线经过哪些城市建筑，都需要通过 GIS 信息分析方法中对已有矢量数据的包含分析来实现以上目标。

利用包含分析方法，还可以解决地图的自动分色，地图内容从面向点的制图综合，面状数据从矢量向栅格格式的转换，以及区域内容的自动计数(例如某个设定的森林砍伐区内，某一树种的颗数) 等等。例如，确定某区域内矿井的个数，这是点与面之间的包含分析，确定某一县境内公路的类型以及不同级别道路的里程，是线与面之间的包含分析。分析的方法是：首先对这些矿井、公路要点、线要素数字化，经处理后形成具有拓扑关系的相应图层，然后和已经存放在系统中的多边形进行点与面、线与面的叠加；最后对这个多边形或区域进

行这些点或线段的自动计数或归属判断。

三、矢量数据的缓冲区分析

缓冲区分析是研究根据数据库的点、线、面实体，自动建立其周围一定宽度范围内的缓冲区多边形实体，从而实现空间数据在水平方向得以扩展的信息分析方法。它是地理信息系统重要的和基本的空间操作功能之一。例如，城市的噪音污染源所影响的一定空间范围、交通线两侧所划定的绿化带，即可分别描述为点的缓冲区与线的缓冲带。而多边形面域的缓冲带有正缓冲区与负缓冲区之分（如下图所示）。



a. 点的缓冲　　b. 线的缓冲　　c. 面的缓冲

缓冲区示意图

这里将举例说明如何利用建立缓冲区、拓扑叠加和特征提取，计算一条道路拓宽改建过程中的拆迁指标。具体分析步骤如下：

1）明确分析的目的和标准

本例的目的是计算由于道路拓宽而需拆迁的建筑物的建筑面积和房产价值，道路拓宽改建的标准是：

- 道路从原有的 20m 拓宽至 60m；
- 拓宽道路应尽量保持直线；
- 部分位于拆迁区内的 10 层以上的建筑不拆除。

2）准备进行分析的数据

本例需要涉及两类信息，一类是线状道路图；另一类为分析区域内建筑物分布图及相关信息。

3）进行空间操作

首先选择要拓宽的道路，根据拓宽半径，建立道路的缓冲区。

然后将此缓冲区与建筑物层数据进行拓扑叠加分析，产生一幅新图，此图包括所有部分

或全部位于拓宽区内的建筑物信息。

4）进行统计分析

首先对全部或部分位于拆迁区内的建筑物进行选择，凡部分落入拆迁区且楼层高于 10 层以上的建筑物，将其从选择组中去掉，并对道路的拓宽边界进行局部调整。

然后对所有需拆迁的建筑物进行拆迁指标计算。

5）将分析结果以地图和表格的形式打印输出。

2、数字地形模型（DTM）与地形分析

DEM 和 DTM 主要用于描述地面起伏状况，可以用于提取各种地形参数，如坡度、坡向、粗糙度等，并进行通视分析、流域结构生成等应用分析。因此，DEM 在各个领域中被广泛使用。

DEM 可以有多种表达方法，包括网格、等高线、三角网等，本章同时介绍了这些表达方法之间的相互转换算法，如由三角网生成等高线，网格 DEM 生成三角网等等。

一． DTM 和 DEM

从数学的角度，高程模型是高程 Z 关于平面坐标 X，Y 两个自变量的连续函数，数字高程模型（DEM）只是它的一个有限的离散表示。高程模型最常见的表达是相对于海平面的海拔高度，或某个参考平面的相对高度，所以高程模型又叫地形模型。实际上地形模型不仅包含高程属性，还包含其它的地表形态属性，如坡度、坡向等。

数字地形模型是地形表面形态属性信息的数字表达，是带有空间位置特征和地形属性特征的数字描述。数字地形模型中地形属性为高程时称为数字高程模型（Digital Elevation Model，简称 DEM）。高程是地理空间中的第三维坐标。由于传统的地理信息系统的数据结构都是二维的，数字高程模型的建立是一个必要的补充。DEM 通常用地表规则网格单元构成的高程矩阵表示，广义的 DEM 还包括等高线、三角网等所有表达地面高程的数字表示。在地理信息系统中，DEM 是建立 DTM 的基础数据，其它的地形要素可由 DEM 直接或间接导出，称为“派生数据”，如坡度、坡向。

二． DEM 的表示法

一个地区的地表高程的变化可以采用多种方法表达，用数学定义的表面或点、线、影像都可用来表示 DEM，可参见图：DEM 的表示方法。

（一）数学方法

用数学方法来表达，可以采用整体拟合方法，即根据区域所有的高程点数据，用傅立叶级数和高次多项式拟合统一的地面高程曲面。也可用局部拟合方法，将地表复杂表面分成正方形规则区域或面积大致相等的不规则区域进行分块搜索，根据有限个点进行拟合形成高程曲面。

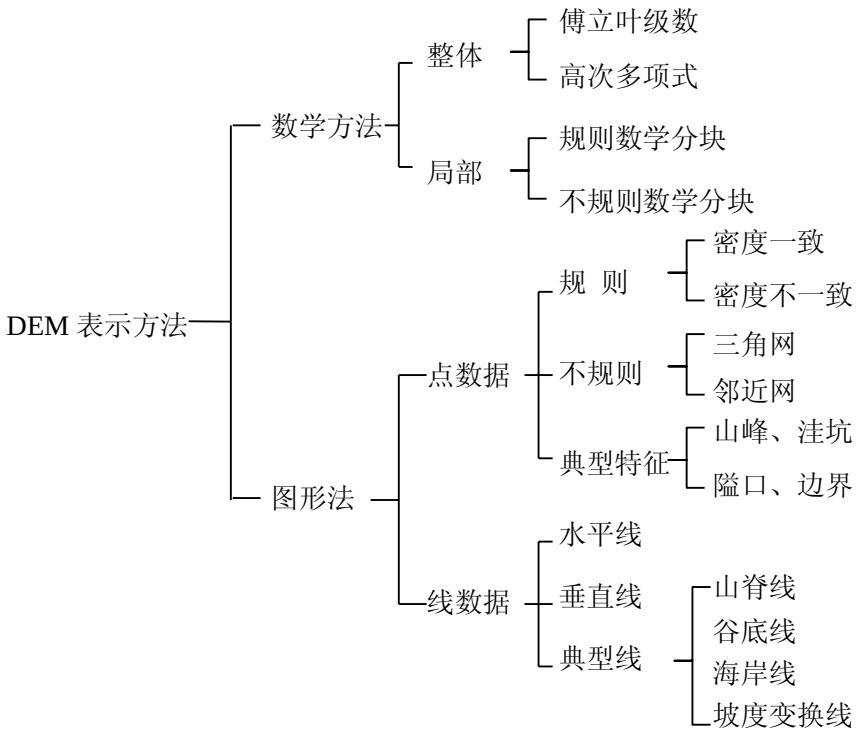
（二）图形方法

（1）线模式

等高线是表示地形最常见的形式。其它的地形特征线也是表达地面高程的重要信息源，如山脊线、谷底线、海岸线及坡度变换线等。

（2）点模式

用离散采样数据点建立 DEM 是 DEM 建立常用的方法之一。数据采样可以按规则格网采样，可以是密度一致的或不一致的；可以是不规则采样，如不规则三角网、邻近网模型等；也可以有选择性地采样，采集山峰、洼坑、隘口、边界等重要特征点。



DEM 的表示方法

在地理信息系统中，DEM 最主要的三种表示模型是：规则格网模型，等高线模型和不规则三角网模型。

三．DEM 的常用表示模型

（一）规则格网模型

规则网格，通常是正方形，也可以是矩形、三角形等规则网格。规则网格将区域空间切分为规则的格网单元，每个格网单元对应一个数值。数学上可以表示为一个矩阵，在计算机实现中则是一个二维数组。每个格网单元或数组的一个元素，对应一个高程值，如图：格网 DEM 所示。

91	78	63	50	53	63	44	55	43	25
94	81	64	51	57	62	50	60	50	35
100	84	66	55	64	66	54	65	57	42
103	84	66	56	72	71	58	74	65	47
96	82	66	63	80	78	60	84	72	49
91	79	66	66	80	80	62	86	77	56
86	78	68	69	74	75	70	93	82	57
80	75	73	72	68	75	86	100	81	56
74	67	69	74	62	66	83	88	73	53
70	56	62	74	57	58	71	74	63	45

格网 DEM

对于每个格网的数值有两种不同的解释。第一种是格网栅格观点，认为该格网单元的数值是其中所有点的高程值，即格网单元对应的地面面积内高程是均一的高度，这种数字高程模型是一个不连续的函数。第二种是点栅格观点，认为该网格单元的数值是网格中心点的高程或该网格单元的平均高程值，这样就需要用一种插值方法来计算每个点的高程。计算任何不是网格中心的数据点的高程值，使用周围 4 个中心点的高程值，采用距离加权平均方法进行计算，当然也可使用样条函数和克里金插值方法。

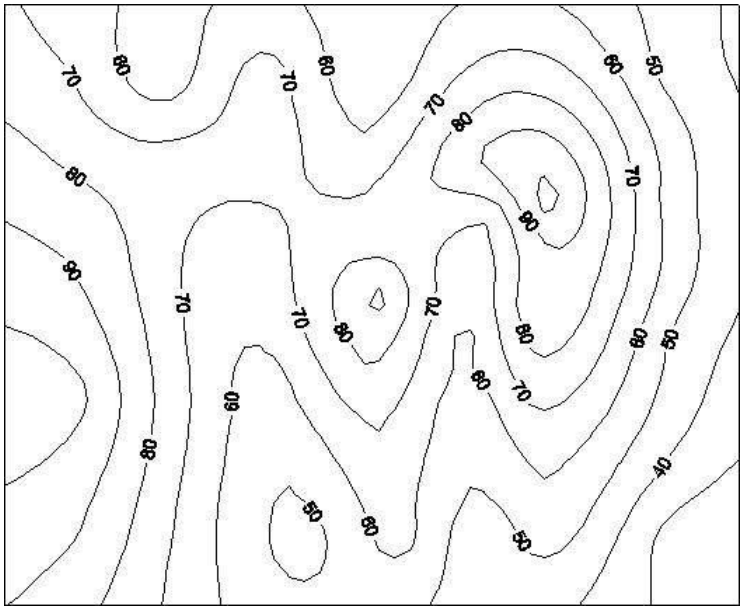
规则格网的高程矩阵，可以很容易地用计算机进行处理，特别是栅格数据结构的地理信息系统。它还可以很容易地计算等高线、坡度坡向、山坡阴影和自动提取流域地形，使得它成为 DEM 最广泛使用的格式，目前许多国家提供的 DEM 数据都是以规则格网的数据矩阵形式提供的。格网 DEM 的缺点是不能准确表示地形的结构和细部，为避免这些问题，可采用附加地形特征数据，如地形特征点、山脊线、谷底线、断裂线，以描述地形结构。

格网 DEM 的另一个缺点是数据量过大，给数据管理带来了不方便，通常要进行压缩存储。DEM 数据的无损压缩可以采用普通的栅格数据压缩方式，如游程编码、块码等，但是

由于 DEM 数据反映了地形的连续起伏变化，通常比较“破碎”，普通压缩方式难以达到很好的效果；因此对于网格 DEM 数据，可以采用哈夫曼编码进行无损压缩；有时，在牺牲细节信息的前提下，可以对网格 DEM 进行有损压缩。

（二）等高线模型

等高线模型表示高程，高程值的集合是已知的，每一条等高线对应一个已知的高程值，这样一系列等高线集合和它们的高程值一起就构成了一种地面高程模型。如图 9-3 所示。



等高线

等高线通常被存成一个有序的坐标点对序列，可以认为是一条带有高程值属性的简单多边形或多边形弧段。由于等高线模型只表达了区域的部分高程值，往往需要一种插值方法来计算落在等高线外的其它点的高程，又因为这些点是落在两条等高线包围的区域内，所以，通常只使用外包的两条等高线的高程进行插值。

（三）不规则三角网（TIN）模型

尽管规则格网 DEM 在计算和应用方面有许多优点，但也存在许多难以克服的缺陷：

1）在地形平坦的地方，存在大量的数据冗余；

2）在不改变格网大小的情况下，难以表达复杂地形的突变现象；

3）在某些计算，如通视问题，过分强调网格的轴方向。

不规则三角网（Triangulated Irregular Network, TIN）是另外一种表示数字高程模型的方法，它既减少规则格网方法带来的数据冗余，同时在计算（如坡度）效率方面又优于纯粹基于等高线的方法。

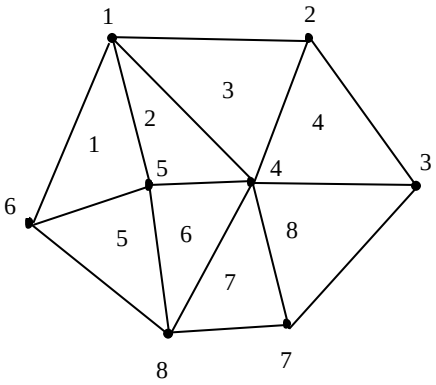
TIN 模型根据区域有限个点集将区域划分为相连的三角面网络，区域中任意点落在三角面的顶点、边上或三角形内。如果点不在顶点上，该点的高程值通常通过线性插值的方法得到（在边上用边的两个顶点的高程，在三角形内则用三个顶点的高程）。所以 TIN 是一个三维空间的分段线性模型，在整个区域内连续但不可微。

TIN 的数据存储方式比格网 DEM 复杂，它不仅要存储每个点的高程，还要存储其平面坐标、节点连接的拓扑关系，三角形及邻接三角形等关系。TIN 模型在概念上类似于多边形网络的矢量拓扑结构，只是 TIN 模型不需要定义“岛”和“洞”的拓扑关系。

有许多种表达 TIN 拓扑结构的存储方式，一个简单的记录方式是：对于每一个三角形、边和节点都对应一个记录，三角形的记录包括三个指向它三个边的记录的指针；边的记录有四个指针字段，包括两个指向相邻三角形记录的指针和它的两个顶点的记录的指针；也可以直接对每个三角形记录其顶点和相邻三角形（见下图）。每个节点包括三个坐标值的字段，分别存储 X，X，Z 坐标。这种拓扑网络结构的特点是对于给定一个三角形查询其三个顶点高程和相邻三角形所用的时间是定长的，在沿直线计算地形剖面线时具有较高的效率。当然可以在此结构的基础上增加其它变化，以提高某些特殊运算的效率，例如在顶点的记录里增加指向其关联的边的指针。

1	X	Y	Z
2	X	Y	Z
3	X	Y	Z
4	X	Y	Z
5	X	Y	Z
6	X	Y	Z
7	X	Y	Z
8	X	Y	Z

点文件



	顶点			邻接三角形		
1	1	5	6	2	5	X
2	1	4	5	1	3	6
3	1	2	4	X	4	2
4	2	3	4	3	X	8
5	5	6	8	1	X	6
6	4	5	8	2	5	7
7	4	7	8	6	8	X
8	3	4	7	4	7	X

三角形文件

三角网的一种存储方式

不规则三角网数字高程由连续的三角面组成，三角面的形状和大小取决于不规则分布的测点，或节点的位置和密度。不规则三角网与高程矩阵方法不同之处是随地形起伏变化的复杂性而改变采样点的密度和决定采样点的位置，因而它能够避免地形平坦时的数据冗余，又能按地形特征点如山脊、山谷线、地形变化线等表示数字高程特征。

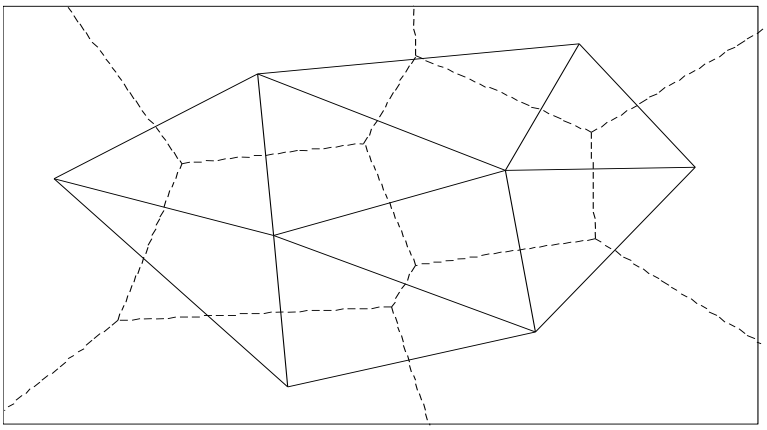
四．DEM 模型之间的相互转换

在实际应用中，DEM 模型之间可以相互转换。大部分 DEM 数据都是规则格网 DEM，但由于规则格网 DEM 的数据量大而不便存储，也可能由于某些分析计算需要使用 TIN 模型的 DEM，如进行通视分析。此时需要将格网 DEM 转成 TIN 模型的 DEM。反之，如果已有 TIN 模型的 DEM 数据，为满足某种应用的需要，也需要转成规则格网的 DEM。

（一）. 不规则点集生成 TIN

对于不规则分布的高程点，可以形式化地描述为平面的一个无序的点集 *P*，点集中每个点 *p* 对应于它的高程值。将该点集转成 TIN，最常用的方法是 Delaunay 三角剖分方法。生成 TIN 的关键是 Delaunay 三角网，下面先对 Delaunay 三角网和它的偶图 Voronoi 图作简要的描述。

Voronoi 图，又叫泰森多边形或 Dirichlet 图，它由一组连续多边形组成，多边形的边界是由连接两邻点线段的垂直平分线组成。N 个在平面上有区别的点，按照最近邻原则划分平面：每个点与它的最近邻区域相关联。Delaunay 三角形是由与相邻 Voronoi 多边形共享一条边的相关点连接而成的三角形。Delaunay 三角形的外接圆圆心是与三角形相关的 Voronoi 多边形的一个顶点。Delaunay 三角形是 Voronoi 图的偶图，如图所示。



Delaunay 三角网与 Voronoi 图

对于给定的初始点集 P，有多种三角网剖分方式，而 Delaunay 三角网有以下特性：

1）其 Delaunay 三角网是唯一的；

2）三角网的外边界构成了点集 P 的凸多边形“外壳”；

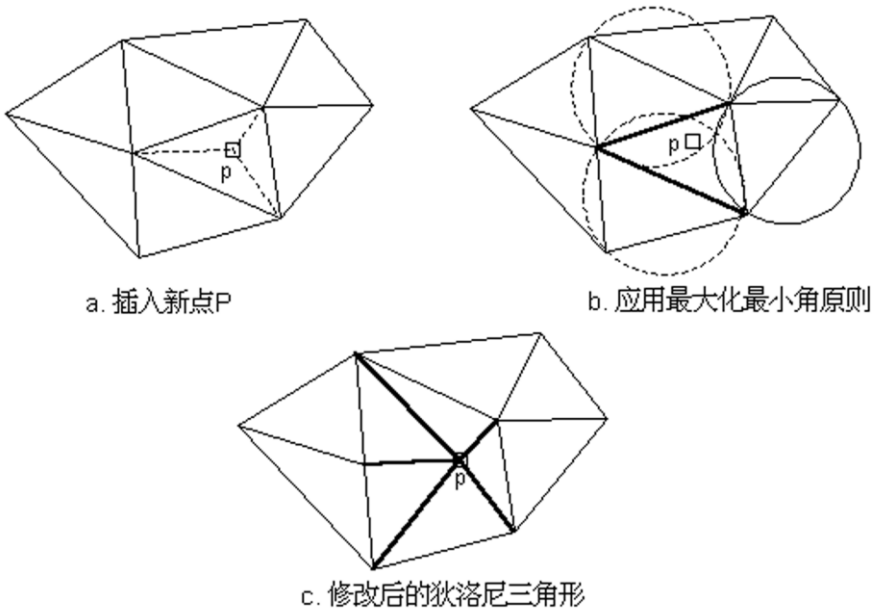
3）没有任何点在三角形的外接圆内部，反之，如果一个三角网满足此条件，那么它就是 Delaunay 三角网。

4）如果将三角网中的每个三角形的最小角进行升序排列，则 Delaunay 三角网的排列得

到的数值最大，从这个意义上讲，Delaunay 三角网是“最接近于规则化”的三角网。

下面简要介绍 Delaunay 三角形产生的基本准则：

Delaunay 三角形产生准则的最简明的形式是：任何一个 Delaunay 三角形的外接圆的内部不能包含其它任何点。Lawson[1972]提出了最大化最小角原则：每两个相邻的三角形构成的凸四边形的对角线，在相互交换后，六个内角的最小角不再增大。Lawson [1977]又提出了一个局部优化过程 LOP（Local Optimization Procedure）方法。如图 9-7 所示。先求出包含新插入点 *p* 的外接圆的三角形，这种三角形称为影响三角形（Influence Triangulation）。删除影响三角形的公共边（图 b 中粗线），将 *p* 与全部影响三角形的顶点连接，完成 *p* 点在原 Delaunay 三角形中的插入。



向 Delaunay 三角形中插入点

将该点集转成 TIN，最常用的方法是 Delaunay 三角剖分方法，生成过程分两步完成：

1）利用 P 中点集的平面坐标产生 Delaunay 三角网；

2）给 Delaunay 三角形中的节点赋予高程值。

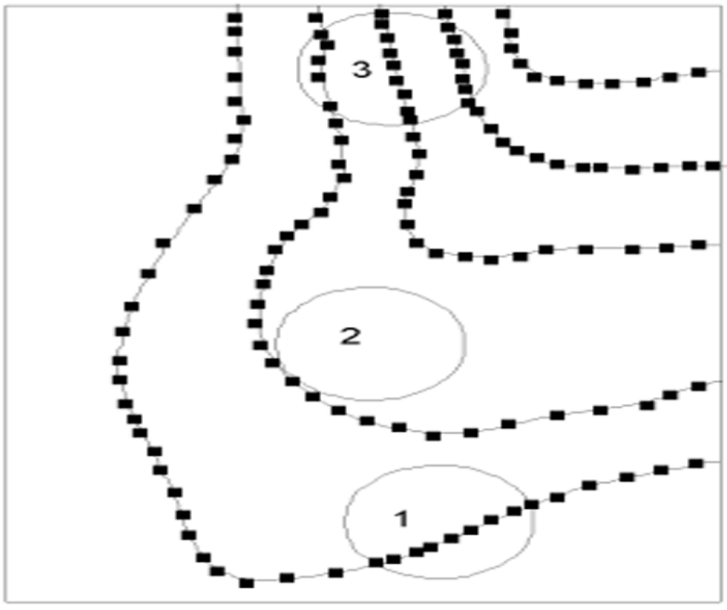
（二）. 格网 DEM 转成 TIN

格网 DEM 转成 TIN 可以看作是一种规则分布的采样点生成 TIN 的特例，其目的是尽量减少 TIN 的顶点数目，同时尽可能多地保留地形信息，如山峰、山脊、谷底和坡度突变处。规则格网 DEM 可以简单地生成一个精细的规则三角网。

（三）. 等高线转成格网 DEM

表示地形的最常见的线模式是一系列描述高程曲线的等高线。由于现有地图大多数都绘有等高线，这些地图便是数字高程模型的现成数据源，可以将纸面等高线图扫描后，自动获取 DEM 数据。由于数字化的等高线不适合于计算坡度或制作地貌渲染图等地形分析，因此，必须要把数字化等高线转为格网高程矩阵。

使用局部插值算法，如距离倒数加权平均或克里金插值算法，可以将数字化等高线数据转为规则格网的 DEM 数据，但插值的结果往往会出现一些许多不令人满意的结果，而且数字化等高线时越小心，采样点越多，问题越严重。问题不在于计算插值权重系数的理论假设，也不在于平滑等高线是真实地形的反映的假设，而在于估计未知格网点的高程要在一个半径范围内搜索落在其中的已知点数据，再计算它的加权平均值。如果搜索到的点都具有相同的高程，那待插值点的高程也同为此高程值。结果导致在每条等高线周围的狭长区域内具有与等高线相同的高程，出现了“阶梯”地形。当低海拔平原地区等高线距离更远时，搜索到一条等高线上的数据的可能性就越大，问题更严重。以带“阶梯”地形的 DEM 为基础，计算坡度往往会出现不自然的条斑状分布模式（如下图）。



等值线插值造成“阶梯地形”的原因

最好的解决方法是使用针对等高线插值的专用方法。如果没有合适的方法，最好把等高线数据点减少到最少，增加标识山峰、山脊、谷底和坡度突变的数据点，同时使用一个较大的搜索窗口。

（四）． TIN 转成格网 DEM

TIN 转成格网 DEM 可以看作普通的不规则点生成格网 DEM 的过程。方法是按要求的分辨率大小和方向生成规则格网，对每一个格网搜索最近的 TIN 数据点，按线性或非线性插值函数计算格网点高程。

（五）．利用格网 DEM 提取等高线

在利用格网 DEM 生成等高线时，需要将其中的每个点视为一个几何点，而不是一个矩形区域，这样可以根据格网 DEM 中相邻四个点组成四边形进行等高线跟踪。其方法类似于后面描述的利用 TIN 提取等高线。在此就不多述。

五．DEM 的建立

为了建立 DEM，必需量测一些点的三维坐标，这就是 DEM 数据采集。

(一). DEM 数据采集方法

1 地面测量

利用自动记录的测距经纬仪（常用电子速测经纬仪或全站经纬仪）在野外实测。这种速测经纬仪一般都有微处理器，可以自动记录和显示有关数据，还能进行多种测站上的计算工作。其记录的数据可以通过串行通讯，输入计算机中进行处理。

2 现有地图数字化

利用数字化仪对已有地图上的信息（如等高线）进行数字化的方法，目前常用的数字化仪有手扶跟踪数字化仪和扫描数字化仪。

3 空间传感器

利用全球定位系统 GPS，结合雷达和激光测高仪等进行数据采集。

4 数字摄影测量方法

这是 DEM 数据采集最常用的方法之一。利用附有的自动记录装置（接口）的立体测图仪或立体坐标仪、解析测图仪及数字摄影测量系统，进行人工、半自动或全自动的量测来获取数据。

（二）数字摄影测量获取 DEM

数字摄影测量方法是空间数据采集最有效的手段，它具有效率高、劳动强度低的优点。数据采样可以全部由人工操作，通常费时且易于出错；半自动采样可以辅助操作人员进行采样，以加快速度和改善精度，通常是由人工控制高程 Z，由机器自动控制平面坐标 X,Y 的驱动；全自动方法利用计算机视觉代替人眼的立体观测，速度虽然快，但精度较差。

人工或半自动方式的数据采集，数据的记录可分为“点模式”或“流模式”，前者根据控制信号记录静态量测数据，后者是按一定规律连续地记录动态的量测数据。

摄影测量方法用于生产 DEM，数据点的采样方法根据产品的要求不同而异。沿等高线、断面线、地性线进行采样往往是有目的的采样。而许多产品要求高程矩阵形式，所以基于规则格网或不规则格网点的面采样是必须的，这种方式与其它空间属性的采样方式一样，只是采样密度高一些。

1、沿等高线采样

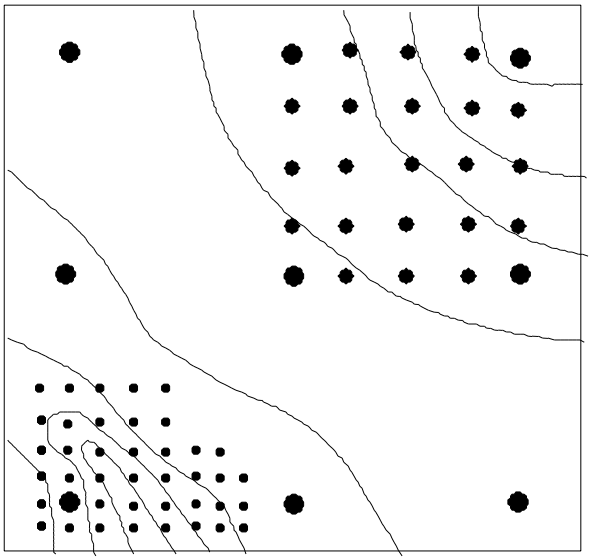
在地形复杂及陡峭地区，可采用沿等高线跟踪方式进行数据采集，而在平坦地区，则不宜采用沿等高线采样。沿等高线采样时可按等距离间隔记录数据或按等时间间隔记录数据方式进行。采用后一种方式，由于在等高线曲率大的地方跟踪速度较慢，因而采集的点较密集，而在等高线较平直的地方跟踪速度快，采集的点较稀疏，故只要选择恰当的时间间隔，所记录的数据就能很好地描述地形，又不会有太多的数据。

2、规则格网采样

利用解析测图仪在立体模型中按规则矩形格网进行采样，直接构成规则格网 DEM。当系统驱动测标到格网点时，会按预先选定的参数停留一短暂时间（如 0.2 秒），供作业人员精确测量。该方法的优点是方法简单、精度高、作业效率也较高；缺点是对地表变化的尺度的灵活性较差，可能会丢失特征点。

3、渐进采样（Progressive Sampling）

渐进采样方法的目的是使采样点分布合理，即平坦地区样点少，地形复杂区的样点较多。渐进采样首先按预定比较稀疏的间隔进行采样，获得一个较稀疏的格网，然后分析是否需要对格网进行加密，如下图所示。判断加密的方法可利用高程的二阶差分是否超过了给定的阈值；或利用相邻的三点拟合一条二次曲线，计算两点间中点的二次内插值与线性内插值之差，判断是否超过阈值。当超过阈值时，则对格网加密采样，然后对较密的格网进行同样的判断处理，直至不再超限或达到预先给定的加密次数（或最小格网间隔），然后再对其它格网进行同样的处理。如下图：



4、选择采样

为了准确地反映地形，可根据地形特征进行选择采样，例如沿山脊线、山谷线、断裂线进行采集以及离散碎部点（如山顶）的采集。这种方法获取的数据尤其适合于不规则三角网 DEM 的建立。

5、混合采样

为了同步考虑采样的效率与合理性，可将规则采样（包括渐进采样）与选择性采样结合进行混合采样，即在规则采样的基础上再进行沿特征线、点采样。为了区别一般的数据点和特征点，应当给不同的点以不同的特征码，以便处理时可按不同的方式进行。利用混合采样可建立附加地形特征的规则格网 DEM，也可建立附加特征的不规则三角网 DEM。

6、自动化 DEM 数据采集

上述方法均是基于解析测图仪或机助制图系统利用半自动的方法进行 DEM 数据采集，现在已经可以利用自动化测图系统进行完全自动化的 DEM 数据采集。此时可按像片上的规则格网利用数字影像匹配进行数据采集。

最后数字摄影测量获取的 DEM 数据点都要按一定插值方法转成规则格网 DEM 或规则三角网 DEM 格式数据。

（三） DEM 数据质量控制

数据采集是 DEM 的关键问题，任何一种 DEM 内插方法，均不能弥补取样不当所造成的信息损失。数据点太稀会降低 DEM 的精度；数据点过密，又会增大数据量、处理的工作量和不必要的存储量。这需要在 DEM 数据采集之前，按照所需的精度要求确定合理的取样

密度，或者在 DEM 数据采集过程中根据地形复杂程度动态调整采样点密度。

由于很多 DEM 数据来源于地形图，所以 DEM 的精度决不会高于原始的地形图。通常用某种数学拟合曲面生产的 DEM，往往存在未知的精度问题，即使是正式出版的地形图同样存在某种误差，所以在生产和使用 DEM 时应该注意到它的数据精度。

六．DEM 的分析和应用

1、地形曲面拟合

DEM 最基础的应用是求 DEM 范围内任意点的高程，在此基础上进行地形属性分析。由于已知有限个格网点的高程，可以利用这些格网点高程拟合一个地形曲面，推求区域内任意点的高程。曲面拟合方法可以看作是一个已知规则格网点数据进行空间插值的特例，距离倒数加权平均方法，克里金插值方法，样条函数等插值方法均可采用。

2、通视分析

通视分析有着广泛的应用背景。典型的例子是观察哨所的设定，显然观察哨的位置应该设在能监视某一感兴趣的区域，视线不能被地形挡住。这就是通视分析中典型的点对区域的通视问题。与此类似的问题还有森林中火灾监测点的设定，无线发射塔的设定等。有时还可能对不可见区域进行分析，如低空侦察飞机在飞行时，要尽可能躲避敌方雷达的捕捉，飞行显然要选择雷达盲区飞行。通视问题可以分为五类：

1）已知一个或一组观察点，找出某一地形的可见区域。

2）欲观察到某一区域的全部地形表面，计算最少观察点数量。

3）在观察点数量一定的前提下，计算能获得的最大观察区域。

4）以最小代价建造观察塔，要求全部区域可见。

5）在给定建造代价的前提下，求最大可见区。

3、流域特征地貌提取与地形自动分割

地形因素是影响流域地貌、水文、生物等过程的重要因子，地形属性的空间分布特征一直是人们用于描述这些空间过程变化的重要指标。高精度 DEM 数据和高分辨率、高光谱、多周期的遥感影像，为人们定量描述流域空间变化过程提供了日益丰富的数据源，而且人们对流域地貌、水文和生物等过程空间变化机理理解的不断加深。基于 DEM 数据自动提取流域地貌特征和进行流域地形自动分割是进行流域空间模拟的基础技术。

基于格网 DEM 自动提取流域特征地貌和进行地形自动分割技术主要包括两个方面：

1）流域地貌形态结构定义，定义能反映流域结构的特征地貌，建立格网 DEM 对应的微地貌特征。

2）特征地貌自动提取和地形自动分割算法。格网 DEM 数据是一些离散的高程点数据，每个数据本身不能反映实际地表的复杂性。为了从格网 DEM 数据中得到流域地貌形态结构，必须采用一个清晰的流域地貌结构模型，然后针对该结构模型设计自动提取算法

4、等高线追踪

DEM 进行等高线追踪时，DEM 数据类型的不同而精度不同，基于 TIN 绘制等高线直接利用原始观测数据，避免了 DTM 内插的精度损失，因而等高线精度较高；对高程注记点附近的较短封闭等高线也能绘制；绘制的等高线分布在采样区域内而并不要求采样区域有规则四边形边界。基于格网 DEM 的数据进行等高线追踪时，精度就的一些。

5、DEM 计算地形属性

由 DEM 派生的地形属性数据可以分为单要素属性和复合属性二种。前者可由高程数据直接计算得到，如坡度因子，坡向。后者是由几个单要素属性按一定关系组合成的复合指标，用于描述某种过程的空间变化，这种组合关系通常是经验关系，也可以使用简化的自然过程机理模型。

单要素地形属性通常可以很容易地使用计算机程序计算得到，常见的包括：

1）坡度、坡向

坡度定义为水平面与局部地表之间的正切值。它包含两个成分：斜度——高度变化的最大值比率（常称为坡度）；坡向——变化比率最大值的方向。地貌分析还可能用到二阶差分凹率和凸率。比较通用的度量方法是：斜度用百分比度量，坡向按从正北方向起算的角度测量，凸度按单位距离内斜度的度数测量。

坡度和坡向的计算通常使用 3*3 窗口，窗口在 DEM 高程矩阵中连续移动后，完成整幅图的计算。

2）表面积

对于含有特征的格网，将其分解成三角形，对于无特征的格网，可由 4 个角点的高程取平均即中心点高程，然后将格网分成 4 个三角形。由每一三角形的三个角点坐标（x_i，y_i，z_i）计算出通过该三个顶点的斜面内三角形的面积，最后累加就得到了实地的表面积。

3、网络分析

矢量数据的网络分析

这里的网络与计算机网络不是一个概念。GIS 里的网络是对地理网络（如交通网络）、城市基础设施网络（如各种网线、电力线、电话线、供排水管线等）进行地理分析和模型化，这也是地理信息系统中网络分析功能的主要目的。网络分析是运筹学模型中的一个基本模型，它的根本目的是研究、筹划一项网络工程如何安排，并使其运行效果最好，如一定资源的最佳分配，从一地到另一地的运输费用最低等。其基本思想则在于人类活动总是趋于按一定目标选择达到最佳效果的空间位置。这类问题在社会经济活动中不胜枚举，因此在地理信息系统中此类问题的研究具有重要意义。

1、基本概念

网络分析的主要用途是：选择最佳路径；选择最佳布局中心的位置。所谓最佳路径是指从始点到终点的最短距离或花费最少的路线；最佳布局中心位置是指各中心所覆盖范围内任一点到中心的距离最近或花费最小；网流量是指网络上从起点到终点的某个函数，如运输价格，运输时间等。网络上任意点都可以是起点或终点。其基本思想则在于人类活动总是趋向于按一定目标选择达到最佳效果的空间位置。这类问题在生产、社会、经济活动中不胜枚举，因此研究此类问题具有重大意义。

网络中的基本组成部分和属性如下：

（1）链(Link)，网络中流动的管线，如街道，河流，水管等，其状态属性包括阻力和需求。

（２）障碍，禁止网络中链上流动的点。

（３）拐角点，出现在网络链中所有的分割结点上状态属性的阻力，如拐弯的时间和限制(如不允许左拐)

（4）中心，是接受或分配资源的位置，如水库、商业中心、电站等。其状态属性包括资源容量，如总的资源量；阻力限额，如中心与链之间的最大距离或时间限制。

（5）站点，在路径选择中资源增减的站点，如库房、汽车站等，其状态属性有要被运输的资源需求，如产品数。

网络中的状态属性有阻力和需求两项，实际的状态属性可通过空间属性和状态属性的转

换，根据实际情况赋到网络属性表中。

2、网络分析的基本方法

(1) 路径分析

a、静态求最佳路径：由用户确定权值关系后，即给定每条弧段的属性，当需求最佳路径时，读出路径的相关属性，求最佳路径。

b、动态分段技术：给定一条路径由多段联系组成，要求标注出这条路上的公里点或要求定位某一公路上的某一点，标注出某条路上从某一公里数到另一公里数的路段。

c、N 条最佳路径分析：确定起点、终点，求代价较小的几条路径，因为在实践中往往仅求出最佳路径并不能满足要求，可能因为某种因素不走最佳路径，而走近似最佳路径。

d、最短路径：确定起点、终点和所要经过的中间点、中间连线，求最短路径。

e、动态最佳路径分析：实际网络分析中权值是随着权值关系式变化的，而且可能会临时出现一些障碍点，所以往往需要动态地计算最佳路径。

(2) 地址匹配

地址匹配实质是对地理位置的查询，它涉及到地址的编码。地址匹配与其它网络分析功能结合起来，可以满足实际工作中非常复杂的分析要求。所需输入的数据，包括地址表和含地址范围的街道网络及待查询地址的属性值。

(3) 资源分配

资源分配网络模型由中心点(分配中心)及其状态属性和网络组成。分配有两种方式，一种是由分配中心向四周输出，另一种是由四周向中心集中。这种分配功能可以解决资源的有效流动和合理分配。其在地理网络中的应用与区位论中的中心地理论类似。在资源分配模型中，研究区可以是机能区，根据网络流的阻力等来研究中心的吸引区，为网络中的每一连接寻找最近的中心，以实现最佳的服务。还可以用来指定可能的区域。

资源分配模型可用来计算中心地的等时区、等交通距离区、等费用距离区等。可用来进行城镇中心、商业中心或港口等地的吸引范围分析，以用来寻找区域中最近的商业中心，进行各种区划和港口腹地的模拟等。

4、空间分析举例：

(本节摘选自《地理信息系统基础》，李建松）

空间分析的基本步骤：

A、确定空间分析的目标

B、准备分析数据，必要时建立一个工程，建立分析环境

C、分析数据

D、结果表示

例：污水处理厂的建设项目选址。

（1） 选址要求和目标

背景：某城市欲为新的污水处理厂选址。现有的污水处理厂是多年前由市政工程师根据平面地图选址的。使用了地图叠加方法，几何精度可以满足要求。议会也同意使用该方法，但认为比较费时，更重要的是这个方法比较难顾及一些公共问题，如公共健康和环境问题。因此决定采用 GIS 方法。同时议会也意识到，对于这个项目，可能会引起争议，所以要求寻找出所有最合适的地点，供议会讨论。因此要求结果应清楚给出：最合适的地点，次合适地点和不合适地点。

具体条件是：

a) 高程在 350 米以下，以减少抽水成本

b) 不能位于洪水淹没区，以防暴雨时期损坏

c) 距河流在 1000 米以内，减少处理后排水管道的长度

d) 距居民地和公园至少 150 米，以减少对其产生的影响

e) 选在可利用的空地上，减少征地和建设费用

f) 与主污水管道的连接点在 1000 米以内（最合适距离为 500 米为宜）

g) 距现有道路不大于 50 米

h) 面积大约 150 000 平方米

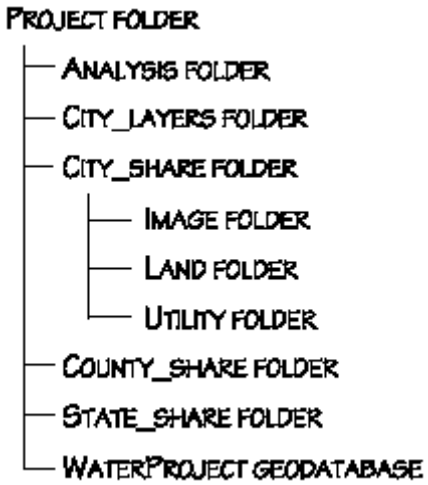
（2）创建分析的工程环境

有两个步骤：收集相关数据，处理准备用分析数据。

因为这些数据已经存在数据库，不必再费时生成。问题是如何获取。按下表获取：

Layer	Source	Format
Elevation	State dept. of transportation	Grid
Elevation < 365 m	State dept. of transportation	Shapefile
Floodplain	City planning dept.	Geodatabase
River	County water resources dept.	Shapefile
Parcels	City tax assessor	Shapefiles (tiled)
Parks	City parks and recreation dept.	Geodatabase
Historic park	City parks and recreation dept.	Scanned image
Wastewater junction	City utilities dept.	Coverage
Streets	City streets dept.	Geodatabase

建立一个工程目录集中数据是好注意（数据有各种来源），并复制数据：

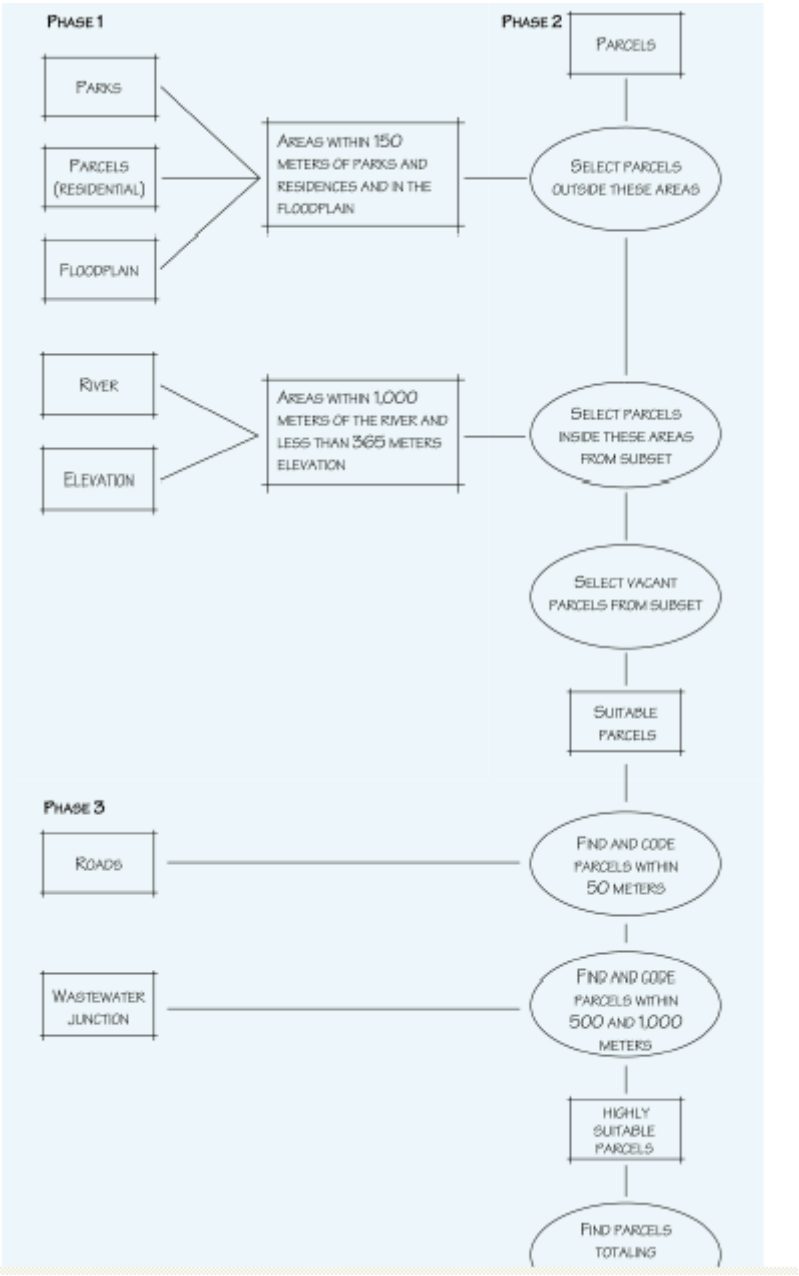


这些数据还可能做些处理：

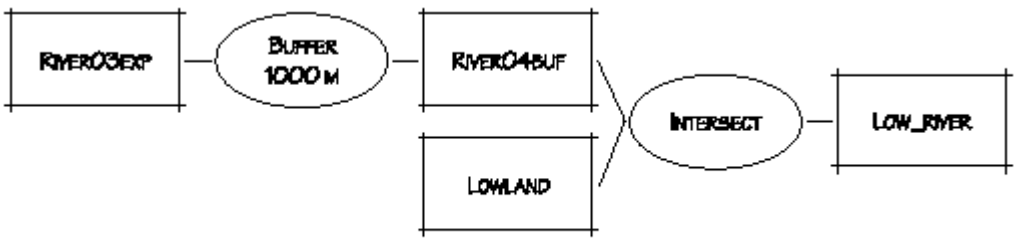
如：检查数据质量（准确性、时效性等）；格式转换；进行一些数据修改（增加一些必要的边界）、属性关联等；定义坐标系统；投影转换；图层的合并；配准等。

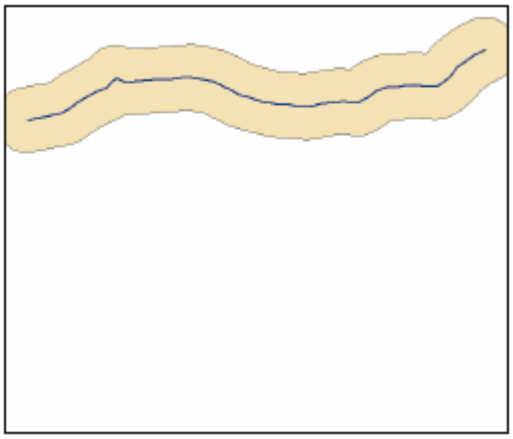
（3）分析数据

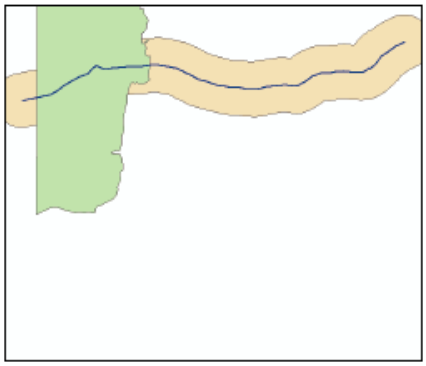
分析步骤如图：三个阶段



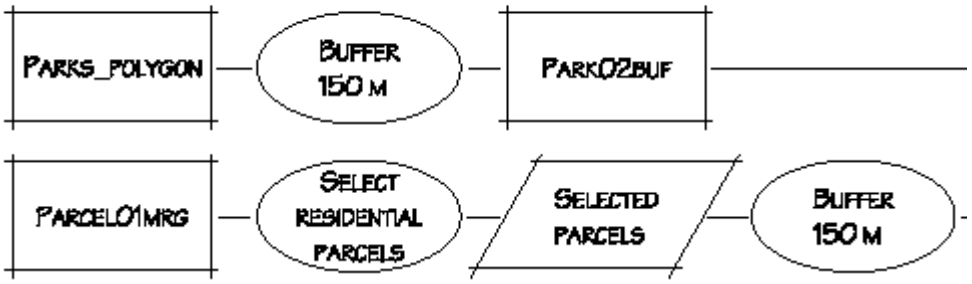
A、对河流做缓冲区，并做叠加处理。

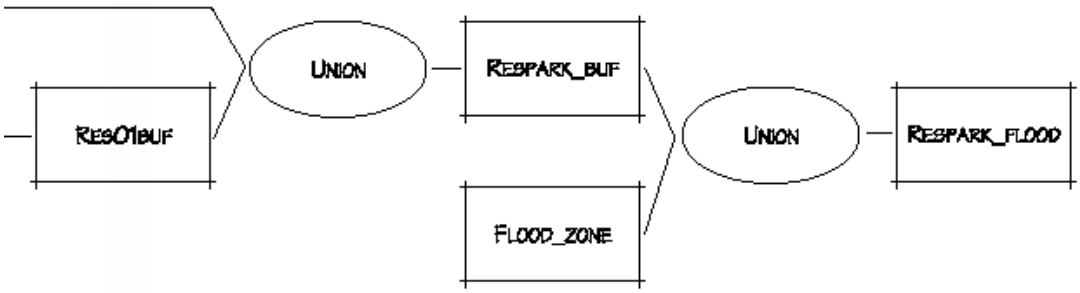


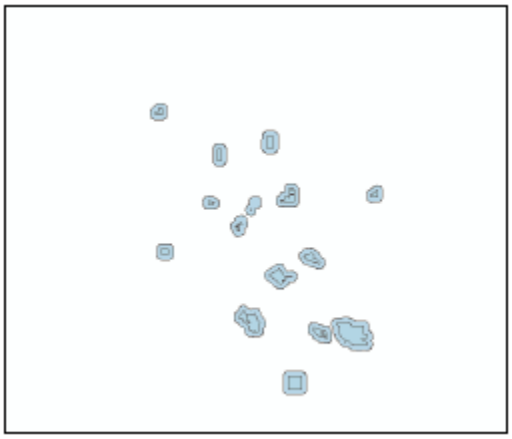


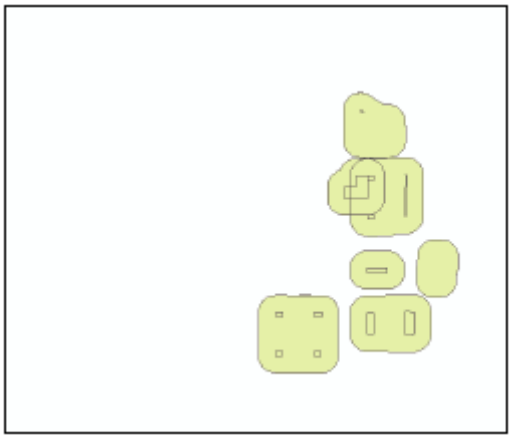


B、排除（阶段 1）

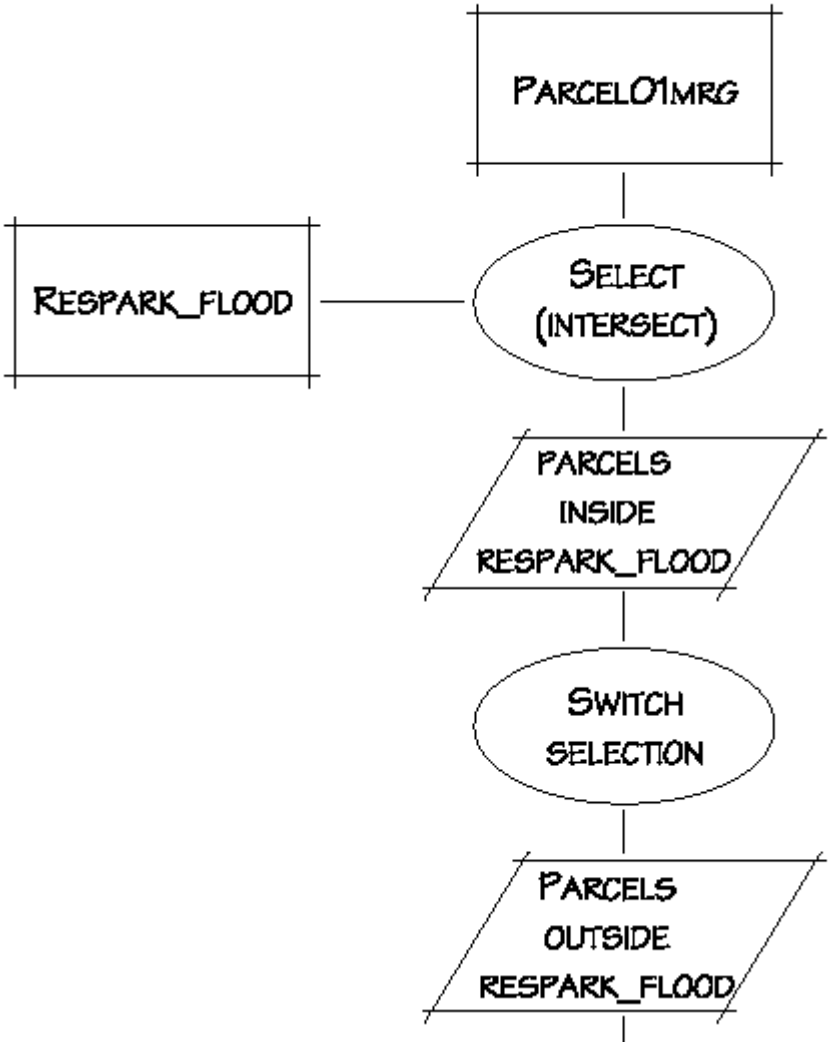

PARKS_POLYGON
BUFFER 150 M
PARK02BUF
PARCEL01MRG
SELECT RESIDENTIAL PARCELS
SELECTED PARCELS
BUFFER 150 M

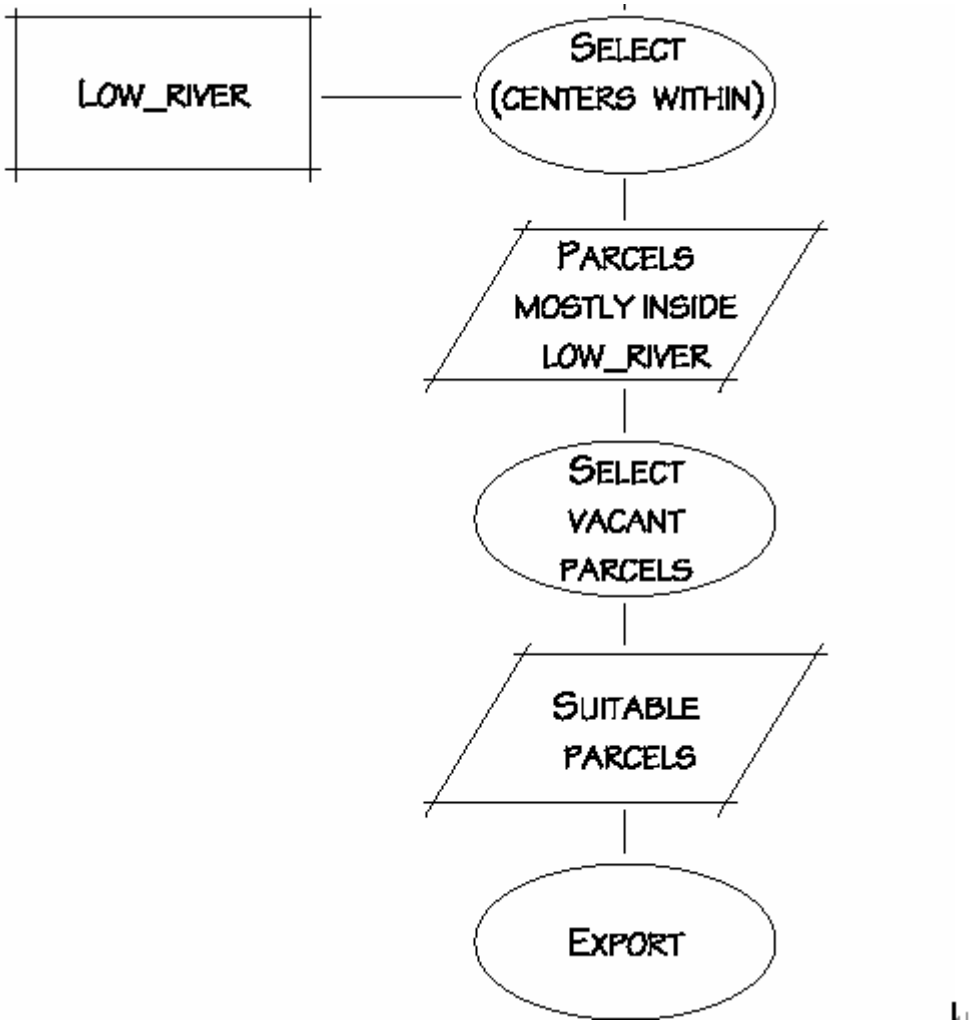

RES01BUF
UNION
RESPARK_BUF
FLOOD_ZONE
UNION
RESPARK_FLOOD





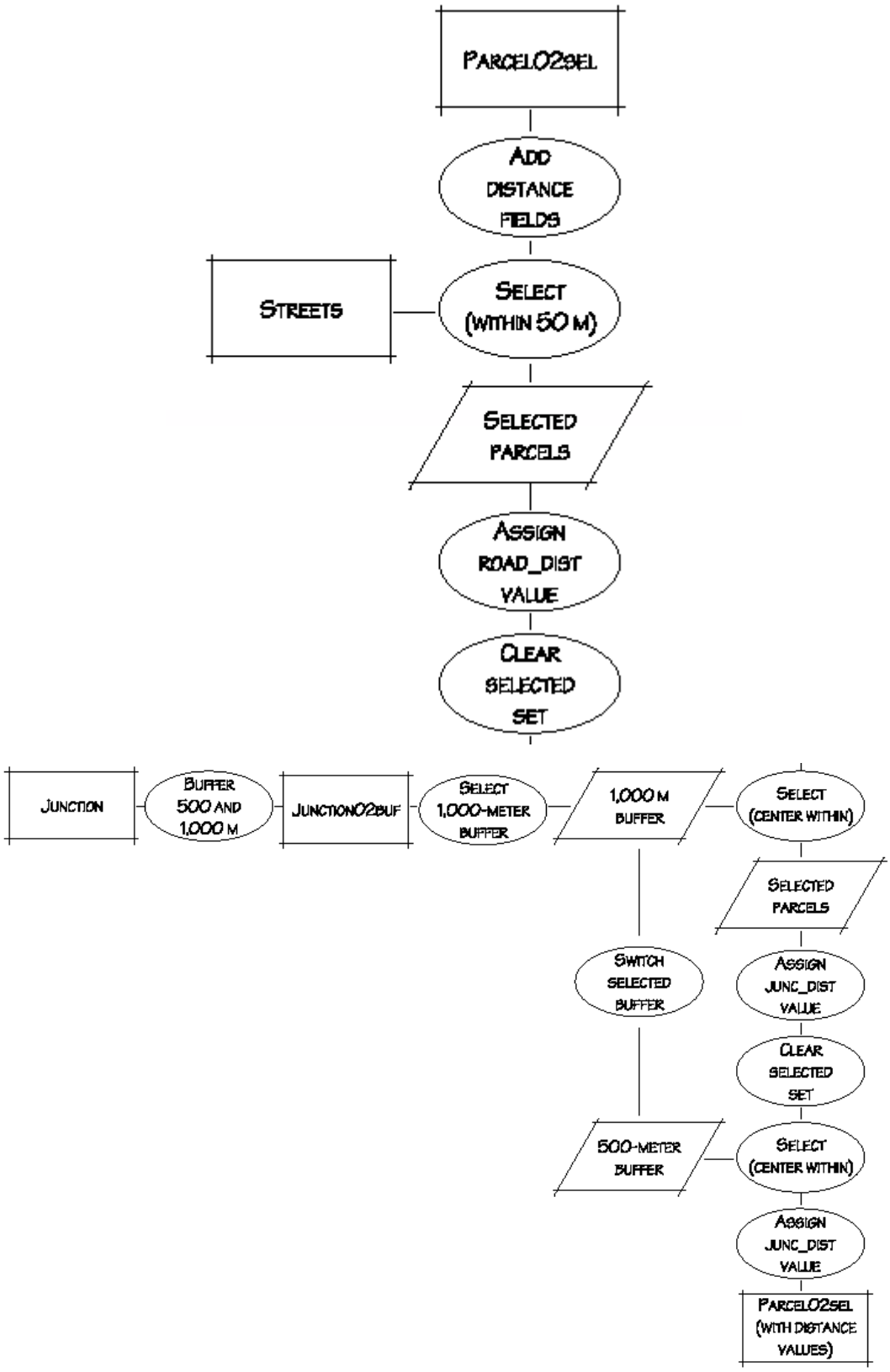
选择公园和居民地做缓冲区。完成叠加选择。





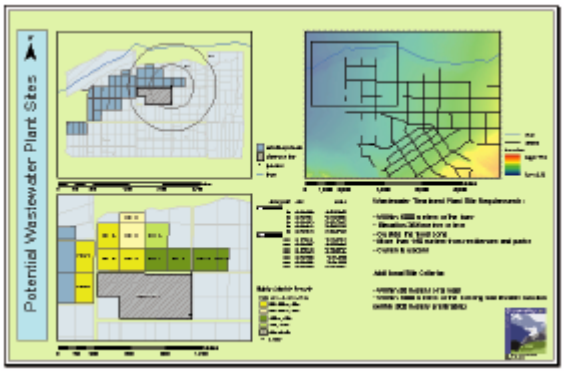
选择空地，得到满足严格条件的地点

选择满足主排水管道条件的地点。



选择满足面积要求的地块。

（4）结果表达



制图输出：报表、最佳场地、城市的河流图层、道路网、DEM 等。

第八章　WebGIS

1、计算机网络与 GIS

所谓 Intranet GIS 是指在 Intranet 的信息发布、数据共享、交流协作基础之上实现 GIS 的在线查询和业务处理等功能。其中 Web 分布式交互操作是工作重点。

Intranet GIS 的特色：由于速率、安全性及面向业务处理等关键要素，Intranet GIS 将首先在 Intranet 上获 得广泛应用，利用 Java、CGI、Plug-ins 等开发技术，使企业用户直接通过 Browser 对 GIS 数 据进行访问，实现检索查询、制图输出、编辑修改等 GIS 基本功能。

1. 传统 GIS 的弊端

多数 GIS 系统都是基于文件共享的低级分布式结构，数据集中存放于服务器，由空间数据库系统进行统一管理，在客户端采用 GIS 桌面系统进行远程文件调用。所存在的主要问题是：

文件服务器结构的处理能力完全依赖于客户端，其效率低下。

客户端的任何操作都要将服务器文件远程复制到本地进行。当多用户并发操作时，网上存在多个备份，因此，数据的完整性难以控制；大量数据频繁传输，易造成网络瓶颈，降低系统性能。

成本高。企业用户使用 GIS 仅限于一般功能，而每个客户端都要配备昂贵的专业 GIS 软

件,这无疑是巨大的浪费。

GIS 桌面系统操作复杂,操作人员需要有专业基础和经过专门培训,不适合企业级及大众化应用。

2.Intranet GIS 的优势

大规模降低成本,全面取代 GIS 桌面系统。

将企业成员的交流合作与 GIS 专业操作有机地结合,构成企业群体生产力。

用页面取代窗口,使系统简单易用,降低了专业操作的难度。

充分利用网络资源,对于复杂的处理,诸如大规模查询,则交由服务器执行,而数据量较小的简单操作则由客户端完成。这是一种理想的全局优化模式。

2、webgis 的概念及组成

2.1、webgis 的概念及特点

Web 技术和 GIS 技术相结合，最为激动人心的产物就是 WebGIS(万维网地理信息系统)。WebGIS，简言之，就是利用 Web 技术来扩展和完善地理信息系统的一项新技术。由于 HTTP 协议采用基于 C/S 的请求/应答机制，具有较强的用户交互能力，可以传输并在浏览器上显示多媒体数据，而 GIS 中的信息主要是需要以图形、图像方式表现的空间数据，用户通过交互操作，对空间数据进行查询分析。这些特点，就使得人们完全可以利用 Web 来寻找他们所需要的空间数据，并且进行各种操作。

1、webgis 是 Web 技术和 GIS 技术相结合的产物，是利用 Web 技术来扩展和完善地理信息系统的一项新技术。

2、由于 HTTP 协议采用基于 C/S 的请求/应答机制，具有较强的用户交互能力，可以传输并在浏览器上显示多媒体数据，而 GIS 中的信息主要是需要以图形、图像方式表现的空间数据，用户通过交互操作，对空间数据进行查询分析。这些特点，使得人们完全可以利用 Web 来寻找他们所需要的空间数据，并且进行各种操作。

Webgis 是 Internet 和 WWW 技术应用于 GIS 开发的产物，是实现 GIS 互操作的一条最佳解决途径。从 Internet 的任意节点，用户都可以浏览 webgis 站点中的空间数据、制作专题图、进行各种空间信息检索和空间分析。因此，WebGlS 不但具有大部分乃至全部传统 GIS

软件具有的功能，而且还具有利用 Internet 优势的特有功能，即用户不必在自己的本地计算机上安装 GIS 软件就可以在 Internet 上访问远程的 GIS 数据和应用程序，进行 GIS 分析，在 Internet 上提供交互的地图和数据。

WebGIS 的关键特征是面向对象、分布式和互操作。任何 GIS 数据和功能都是一个对象，这些对象部署在 Internet 的不同服务器上，当需要时进行装配和集成。Internet 上的任何其他系统都能和这些对象进行交换和交互操作。

webgis 的基本特征：

◆ webgis 是集成的全球化的客户/服务器网络系统

◆ webgis 应用客户/服务器概念来执行 GIS 的分析任务。

它把任务分为服务器端和客户端两部分，客户可以从服务器请求数据、分析工具或模块，服务器或者执行客户的请求并把结果通过网络送回给客户，或者把数据和分析工具发送给客户供客户端使用。

◆ webgis 是交互系统。

webgis 可使用户在 Internet 上操作 GIS 地图和数据，用 Web 浏览器（IE、Netscape, etc.）执行部分基本的 GIS 功能：如 zoom（缩放）、Pan（拖动）、Query（查询）和 Label（标注），甚至可以执行空间查询：如“离你最近的旅馆或饭店在哪”，或者更先进的空间分析：比如缓冲分析和网络分析等。在 Web 上使用 webgis 就和在本地计算机上使用桌面 GIS 软件一样。

◆ webgis 是分布式系统

GIS 数据和分析工具是独立的组件和模块，webgis 利用 Internet 的这种分布式系统把 GIS 数据和分析工具部署在网络不同的计算机上，用户可以从网络的任何地方访问这些数据和应用程序，即不需要在本地计算机上安装 GIS 数据和应用程序，只要把请求发送到服务器，服务器就会把数据和分析工具模块传送给用户，达到 Just-in-time 的性能。Internet 的一个特点就是它可以访问分布式数据库和执行分布式处理，即信息和应用可以部署在跨越整个 Internet 的不同计算机上。

◆ webgis 是动态系统

由于 webgis 是分布式系统，数据库和应用程序部署在网络的不同计算机上，随时可被管理员更新，对于 Internet 上的每个用户来说都将得到最新可用的数据和应用，即只要数据源发生变化，webgis 将得到更新。和数据源的动态链接将保持数据和软件的现势性。

◆ webgis 是跨平台系统。

webgis 对任何计算机和操作系统都没有限制。只要能访问 Internet，用户就可以访问和使用 webgis 而不必关心用户运行的操作系统是什么。随着 java 的发展，未来的 webgis 可以做到“一次编写，到处运行”。

2.2、webgis 的组成

Webgis 一般由多主机，多数据库和多个客户端以分布式连接在 Internet 上而组成，包括以下四个部分： WEB-GIS 浏览器（browser），WEB-GIS 服务器，WEB-GIS 编辑器（Editor）,WEB-GIS 信息代理(imformation agent)。

1）webGIS 浏览器：webGIS 的终端用户通过浏览器连接到远程 webGIS 站点上，浏览 webGIS 站点中的空间数据，制作专题图，进行各种空间检索和空间分析等工作。作为用户界面，webGIS 浏览器含有的语义解释和转化机制，能够方便 webGIS 用户的查询和分析。

2）webGIS 信息代理：webGIS 信息代理反映地理信息的数据结构，是空间信息网络化的关键部分。它介于 webGIS 浏览器和 webGIS 服务器之间，主体是信息代理机制和信息代理协议，负责定义 webGIS 浏览器与 webGIS 服务器间查询请求和响应的通信协议，提供直接访问 GIS 数据库的功能。

3）webGIS 服务器：提供易于配置和管理的 webGIS 服务器，该服务器能解释中间代理请求并根据请求对 GIS 数据库进行空间操作，实现 webGIS 浏览器和 webGIS 服务器的动态交互。采用空间元数据管理技术，对分布异构的空间数据源进行描述与索引，提供网络空间信息导航访问。

4）webGIS 编辑器：该编辑器提供一个所见即所得的编辑生成环境，既有可视化、交互式窗口的功能，能建立 GIS 对象和模型，实现浏览器与服务器的动态交互，提供对空间数据库数据导入功能，可对多源 GIS 数据按指定结构导入空间数据库。

2.3、webgis 的应用

WebGIS 的应用可以分为以下几个层面：

1）空间数据发布

由于能够以图形方式显示空间数据，较之于单纯的 FTP 方式，WebGIS 使用户更容易找

到需要的数据；

2）空间查询检索

利用浏览器提供的交互能力，进行图形及属性数据库的查询检索；

3）空间模型服务

在服务器端提供各种空间模型的实现方法，接收用户通过浏览器输入的模型参数后，将计算结果返回。换言之，利用 Web 不仅可以发布空间数据，也可以发布空间模型服务，形成浏览器/服务器结构(Browser/Server，B/S)。

4）Web 资源的组织

在 Web 上，存在着大量的信息，这些信息多数具有空间分布特征，如分销商数据往往有其所在位置属性,利用地图对这些信息进行组织和管理,并为用户提供基于空间的检索服务，无疑也可以通过 WebGIS 实现。

现在，WebGIS 得到越来越广泛的应用。应用方向分为两大类，一类为基于 lnternet 的公共信息在线服务，为公众提供交通、旅游、餐饮娱乐、房地产、购物等与空间信息有关的信息服务。在国内外的站点上已有了成功的应用，提供了大量的与空间位置有关的各种信息服务。例如，查一下离你所在位置最近的有哪些酒店、餐馆、公交车站等等，甚至还能告诉你酒店的价格是多少,餐馆里有什么特色菜;或告诉你从中关村到天安门的公交路线怎么走，需要坐哪些车，而这些车站在哪里。这些服务看似简单，但与我们的日常生活息息相关，不可缺少。WebGIS 的另外一类应用为基于 lntranet 的企业内部业务管理。如帮助企业进行设备管理、线路管理以及安全监控管理等等。随着企业 lntranet 应用的深入和发展，基于 lntranet 的 WebGIS 应用会有越来越多的市场，也是未来的发展方向。

第三部分 3S 基础知识与整合应用

第一章 遥感的基础知识

1.什么是遥感

“遥感”，顾名思义，就是遥远地感知。传说中的“千里眼”、“顺风耳”就具有这样的能力。人类通过大量的实践，发现地球上每一个物体都在不停地吸收、发射和反射信息和能

量，其中有一种人类已经认识到的形式－－电磁波，并且发现不同物体的电磁波特性是不同的。遥感就是根据这个原理来探测地表物体对电磁波的反射和其发射的电磁波，从而提取这些物体的信息，完成远距离识别物体。

例如，大兴安岭森林火灾发生的时候，由于着火的树木温度比没有着火的树木温度高，它们在电磁波的热红外波段会辐射出比没有着火的树木更多的能量，这样，当消防指挥官面对着熊熊烈火担心不已的时候，如果这时候正好有一个载着热红外波段传感器的卫星经过大兴安岭上空，传感器拍摄到大兴安岭周围方圆上万平方公里的影像，因为着火的森林在热红外波段比没着火的森林辐射更多的电磁能量，在影像着火的森林就会显示出比没有着火的森林更亮的浅色调。当影像经过处理，交到消防指挥官手里时，指挥官一看，图像上发亮的范围这么大，而消防队员只是集中在一个很小的地点上，说明火情逼人，必须马上调遣更多的消防员到不同的地点参加灭火战斗。

上面的例子简单的说明了遥感的基本原理和过程，同时涉及到了遥感的许多方面。除了上文提到的不同物体具有不同的电磁波特性这一基本特征外，还有遥感平台，在上面的例子中就是卫星了，它的作用就是稳定地运载传感器。除了卫星，常用的遥感平台还有飞机、气球等；当在地面试验时，还会用到地面象三角架这样简单的遥感平台。传感器就是安装在遥感平台上探测物体电磁波的仪器。针对不同的应用和波段范围，人们已经研究出很多种传感器，探测和接收物体在可见光、红外线和微波范围内的电磁辐射。传感器会把这些电磁辐射按照一定的规律转换为原始图像。原始图像被地面站接收后，要经过一系列复杂的处理，才能提供给不同的用户使用，他们才能用这些处理过的影像开展自己的工作。

由于遥感在地表资源环境监测、农作物估产、灾害监测、全球变化等等许多方面具有显而易见的优势，它正处于飞速发展中。更理想的平台、更先进的传感器和影像处理技术正在不断地发展，以促进遥感在更广泛的领域里发挥更大的作用。

2.遥感图像有什么用途

就像我们生活中拍摄的照片一样，遥感像片同样可以"提取"出大量有用的信息。从一个人的像片中，我们可以辨别出人的头、身体及眼、鼻、口、眉毛、头发等信息。遥感像片（图

像）一样可以辨别出很多信息，如水体（河流、湖泊、水库、盐池、鱼塘等）、植被（森林、果园、草地、农作物、沼泽、水生植物等）、土地（农田、林地、居民地、厂矿企事业单位、沙漠、海岸、荒原、道路等）、山地（丘岭、高山、雪山）等等；从遥感图像上能辨别出较小的物体如：一棵树、一个人、一条交通标志线、一个足球场内的标志线等。大量信息的提取，无疑决定了遥感技术的应用是十分广阔的，据统计，有近30个领域、行业都能用到遥感技术，如陆地水资源调查、土地资源调查、植被资源调查、地质调查、城市遥感调查、海洋资源调查、测绘、考古调查、环境监测和规划管理等。

由于遥感技术是从人们一般不能站到的高度去"拍照"，故从宏观视野上，也有着人力所不能及的优势。

3.遥感的分类

（1）按遥感平台的高度分类大体上可分为航天遥感、航空遥感和地面遥感。

航天遥感又称太空遥感(space remote sensing)泛指利用各种太空飞行器为平台的遥感技术系统，以地球人造卫星为主体，包括载人飞船、航天飞机和太空站，有时也把各种行星探测器包括在内。

卫星遥感(satellite remote sensing)为航天遥感的组成部分，以人造地球卫星作为遥感平台，主要利用卫星对地球和低层大气进行光学和电子观测。航空遥感泛指从飞机、飞艇、气球等空中平台对地观测的遥感技术系统。

地面遥感主要指以高塔、车、船为平台的遥感技术系统，地物波谱仪或传感器安装在这些地面平台上,可进行各种地物波谱测量。

（2）按所利用的电磁波的光谱段分类可分为：可见光／反射红外遥感，热红外遥感、微波遥感三种类型。

可见光／反射红外遥感，主要指利用可见光(0.4-0.7微米）和近红外(0.7-2.5微米）波段的遥感技术统称，前者是人眼可见的波段,后者即是反射红外波段，人眼虽不能直接看见,但其信息能被特殊遥感器所接受。它们的共同的特点是，其辐射源是太阳，在这二个波段上只反映地物对太阳辐射的反射，根据地物反射率的差异，就可以获得有关目标物的信息，它们都可以用摄影方式和扫描方式成象。

热红外遥感，指通过红外敏感元件，探测物体的热辐射能量，显示目标的辐射温度或热场图象的遥感技术的统称。遥感中指8-14微米波段范围。地物在常温(约300K)下热辐射的绝大部分能量位于此波段，在此波段地物的热辐射能量，大于太阳的反射能量。热红外遥感具有昼夜工作的能力。

微波遥感，指利用波长1-1000毫米电磁波遥感的统称。通过接收地面物体发射的微波辐射能量，或接收遥感仪器本身发出的电磁波束的回波信号，对物体进行探测、识别和分析。微波遥感的特点是对云层、地表植被、松散沙层和干燥冰雪具有一定的穿透能力，又能夜以继日地全天侯工作。

（3）按研究对象分类可分为资源遥感与环境遥感两大类。

资源遥感：以地球资源作为调查研究的对象的遥感方法和实践，调查自然资源状况和监测再生资源的动态变化，是遥感技术应用的主要领域之一。利用遥感信息勘测地球资源，成本低，速度快,有利于克服自然界恶劣环境的限制，减少勘测投资的盲目性。

环境遥感：利用各种遥感技术，对自然与社会环境的动态变化进行监测或作出评价与预报的统称。由于人口的增长与资源的开发、利用，自然与社会环境随时都在发生变化,利用遥感多时相、周期短的特点，可以迅速为环境监测。评价和预报提供可靠依据。

（4）按应用空间尺度分类可分为全球遥感、区域遥感和城市遥感。

全球遥感：全面系统地研究全球性资源与环境问题的遥感的统称

区域遥感：以区域资源开发和环境保护为目的的遥感信息工程，它通常按行政区划（国家、省区等）和自然区划（如流域）或经济区进行。

城市遥感：以城市环境、生态做为主要调查研究对象的遥感工程。

4.遥感的特点或特征

主要表现为：①多源性。即多层次、多波段信息特征。从低空到高空，遥感平台、传感器高度、运行速度和观察范围均不相同，构成对地面的多层次立体观测系统，可获得近地面遥感信息—航空遥感信息—航天遥感信息的信息序列。而紫外—可见光—红外—微波波段，不同波长的电磁波辐射与物质相互作用不同,故可通过不同类型多种波谱频道的传感器获取

多波段信息，以满足不同应用需要；②宏观性。遥感信息覆盖范围大，视野广，具有一定概括性。概括程度取决于其空间分辨力；③周期性。由遥感信息多时相特点决定，可满足地物动态监测与预报分析的需要;④综合性。遥感信息是各种地理要素在遥感影像上的综合反映。影像像元密度值或亮度值反映该像元所对应一定地面范围内地物的综合特征；⑤量化。遥感信息是地物波谱反射、辐射特征的瞬时记录，一般采用影像（模拟信号）或数字（数字信号）形式记录下来。不同物体电磁波能量的差异以胶片上影像密度差或磁带上的灰度值差来表示。

5.遥感技术包括那些技术

遥感技术包括传感器技术，信息传输技术，信息处理、提取和应用技术，目标信息特征的分析与测量技术等。

遥感技术依其遥感仪器所选用的波谱性质可分为：电磁波遥感技术，声纳遥感技术，物理场（如重力和磁力场）遥感技术。

电磁波遥感技术是利用各种物体/物质反射或发射出不同特性的电磁波进行遥感的。其可分为可见光、红外、微波等遥感技术。按照感测目标的能源作用可分为：主动式遥感技术和被动式遥感技术。按照记录信息的表现形式可分为：图像方式和非图像方式。按照遥感器使用的平台可分为：航天遥感技术，航空遥感技术、地面遥感技术。按照遥感的应用领域可分为：地球资源遥感技术，环境遥感技术，气象遥感技术，海洋遥感技术等。

6.遥感常用的传感器有那些

常用的传感器:航空摄影机(航摄仪)、全景摄影机、多光谱摄影机、多光谱扫描仪(Multi Spectral Scanner，MSS)、专题制图仪（Thematic Mapper,TM)、反束光导摄像管（RBV)、HRV（High Resolution Visible range instruments）扫描仪、合成孔径侧视雷达（Side-Looking Airborne Radar，SLAR)。

7.常用的遥感数据有那些

常用的遥感数据有：美国陆地卫星（Landsat）TM和MSS遥感数据，法国SPOT卫星遥感数

据，加拿大Radarsat雷达遥感数据。

8.什么是图象处理

遥感影像通常需要进一步处理方可使用，用于该目的的技术称之为图象处理。图象处理包括各种可以对像片或数字影像进行处理的操作，这些包括图象压缩、图象存储、图象增强、处理、量化、空间滤波以及图象模式识别等。还有其它更加丰富的内容。

目前，主要的遥感应用软件是ilwis、PCI、ERMapper和ERDAS。

第二章 遥感技术的发展

1、遥感技术的发展

最早使用“遥感”一词的是美国海军研究所的艾弗林.普鲁伊特。1961 年，在美国国家科学院和国家研究理事会的支持下，在密歇根大学的威罗兰实验室召开了“环境遥感国际讨论会”，此后，在世界范围内，遥感作为一门新兴学科飞速发展起来。

1）无记录的地面遥感阶段（1608---1838 年）

1608 年，汉斯.李波尔赛制造了世界第一架望远镜，1609 年伽利略制作了放大倍数 3 倍的科学望远镜，从而为观测远距离目标开辟了先河。但望远镜观测不能吧观测到的事物用图像记录下来。

2）有记录的地面遥感阶段（1839---1857 年）

对探测目标的记录与成像始于摄影技术的发展，并与望远镜相结合发展为远距离摄影。

3）空中摄影遥感阶段（1858---1956 年）

1858 年，G..F.陶纳乔用系留气球拍摄了法国巴黎的“鸟瞰”像片。

1860 年，J.布莱克乘气球升空至 630m，成功的拍摄了美国波士顿的照片。

1903 年，J.钮布郎特设计了一种捆绑在飞鸽身上的微型相机。这些试验性的空间摄影，为后来的实用化航空摄影打下了基础。

在第一次世界大战期间，航空摄影成了军事侦探的重要手段，并形成了一定规模。与此同时，像片的判读水平也大大提高。一战以后，航空摄影人员从军事转向商务和科学研究。美国和加拿大成立了航测公司，并分别出版了《摄影测量工程》及类似性质的刊物，专门介

绍有关技术方法。

1924 年，彩色胶片出现，使得航空摄影记录的地面目标信息更为丰富。

二战中，微波雷达的出现及红外技术应用于军事侦查，使遥感探测的电磁波谱段得到了扩展。

4）航空遥感阶段（1957---）

1957 年 10 月 4 日，苏联第一颗人造地球卫星的发射成功，标志着人的空间观测进入了新纪元。此后，美国发射了“先驱者 2 号”探测器拍摄了地球云图。真正从航天器上对地球进行长期探测是从 1960 年美国发射 TIROS-1 和 NOAA-1 太阳同步卫星开始。

此外，多宗探测技术的集成日趋成熟，如雷达、多光谱成像与激光测高、GPS 的集成可以同时取得经纬度坐标和地面高程数据，由于实时测图。

总之，随着遥感应用向广度和深度发展，遥感探测更趋于实用化、商业化和国际化。

2、中国遥感技术的发展

我国自 1970 年 4 月 24 日发射“东方红 1 号”人造卫星后，相继发射了数十颗不同类型的人造地球卫星，使得我国开展宇宙探测、通讯、科学实验、气象观测等研究有了自己的信息源。1999 年 10 月 14 日中国---巴西地球资源卫星 CBERS---1 的成功发射，使我国拥有了自己的资源卫星。

在遥感图形处理方面，已开始从普遍采用国际先进的商品化软件向国产化迈进。在科技部、信息产业部的倡导下，国产图像处理软件从研制走向了商品化，并占有一定的市场份额，如 photomapper 等。

在遥感应用方面，国家将遥感列入重点攻关项目和“863”工程。

第三章　遥感技术的应用案例（*参考阅读）

1、在资源调查与管理中的应用

遥感在资源调查中可发挥很大的作用，特别在自然资源调查中，近年来做了很多工作，取得了丰硕的成果和可观的效益。其主要表现在国民经济建设中的农业、林业、地质矿产及水利建设等部门中。

2、在农业、林业方面的应用

遥感在农林方面的应用主要是在农、林土地资源调查、土地利用现状调查、农林病虫害、土壤干旱、盐化、沙化的调查及监测，以及农作物长势的监测与估产、森林资源的清查等方面。近年来，在牧场草场资源调查、短中期农林灾害、农用水资源，以及野生动物生态环境调查等方面也相继开展工作，取得了成果。

遥感在土地资源与土壤调查中，得到广泛应用。例如，我国利用 560 幅陆地卫星图像，仅用两年时间完成了全国 15 种土地利用类型的分析和量算统计工作，提供了全国和分省的土地利用基本数据和有关图件。作物估产是遥感在农业方面综合应用的最好例证。1974 年以来，很多国家先后进行了不同范围、不同作物的估产工作。美国对世界小麦产量的估产精度已达 90%以上，并扩大到对玉米、大豆等八种以上作物的估产。我国于 1983-1986 年在京津冀进行跨省市的较大范围冬小麦遥感估产试验，精度也超过 90%。

遥感在林业上的应用也很广泛。例如，我国近年完成的“三北”防护林遥感综合调查。在西北大部、华北北部和东北西北部总面积为 128 万平方公里的“三北”造林一期工程的调查中，完成了对现有防护林类型、分布、面积和保存率；草地数量、质量和分布；土地资源类型、分布、数量及利用现状的调查。提供了 200 余幅各类遥感专题图，并建成了全区资源与环境信息系统，为掌握防护林区现状、林区的进一步发展和规划奠定了基础。

3、在地质矿产方面的应用

遥感在地质及其矿产资源方面的应用主要表现在基础地质工作、矿产地质工作，以及工程地质、地震地质、灾害地质的地质综合调查等方面的应用。例如近年来对雅鲁藏布江深断裂带的延伸和走向的研究、郯庐断裂的延伸和走向问题的论证，以及重新修编的 1∶400 万中国构造体系图的工作，都是建立在遥感图像基础上的新的认识和发现的体现，解决了一些地质学界长期争论或按常规很难解决的问题。遥感为持不同学术观点的地质学者提供了一个可共同参照的基础，推动和促进了地质学的发展。

遥感在矿产地质工作中的应用已取得许多成果，获得了一致的好评。例如，我国地矿系统采用遥感地质调查方法，在小秦岭金矿田地区划分出线性构造 1030 条，环形构造 138 个，综合化探、物探成果提出 13 个远景地段。经检查发现含金石英脉带、蚀变构造带 22 条，

已见金矿 3 处，全部工作仅历时一年时间。类似的实例不胜枚举，遥感地质方法已成为矿产地质工作的重要方法。

工程地质、地震地质、水文地质以及灾害地质等综合地质调查中也广泛地应用了遥感这一现代化手段。**例如**：地矿部遥感中心在长江三峡的重庆至宜昌间先后进行了彩色及侧视雷达成像飞行。利用资料对三峡库区进行了详细的工程地质判读分析，对新滩坡体的形态、形成机理及发展趋势作了较为详细的分析，为国家提供了三峡工程建设的基础资料。

基于遥感在地质矿产调查中广泛的应用以及取得的显著效益，我国地勘部门相继成立了专业的遥感应用和科研机构，遥感地质队伍也不断扩大，成果累累，展现出遥感在地质矿产资源方面美好的发展前景。

4、在水文、水资源方面的应用

遥感在水文、水资源方面的应用，如水资源的调查、流域规划、水土流失调查、冰雪监测、海口海岸带及浅海地形调查、海洋调查研究等方面，都能发挥重要作用。特别是在人类足迹难以到达的荒凉地区，遥感技术可成为水文水资源调查的有效手段。例如，我国青藏高原在以往 300 年来先后经历了 150 多次探险考察，曾查出 500 多个湖泊，而近年来采用航空像片、卫星图像判读，不仅对这些湖泊的面积、形状进行了修正定位，而且还补充了地面考察或地图上未标明的 300 多个湖泊。

遥感图像，特别是红外遥感图像在识别含水层、判断充水断层、查明富水地段位置方面是很有利的。例如，美国在夏威夷群岛，利用红外遥感发现了 200 多处地下淡水出露点，从而解决了该岛对淡水的需求。我国在大连地区开展航空热红外遥感试验，在该地区沿海共发现 22 处从未有历史记录的淡水泉点，通过对这些泉点的分析，确定了地下淡水排泄地段，为解决沿海地区人畜饮水水源提供了一个重要途径。

利用遥感图像进行海岸带岸线测量、河口及近岸悬浮泥沙运移，以及海洋环境监测，诸如海水温度、盐度、水深、洋流、波浪、潮汐等海洋诸要素的测量，都可发挥重要作用，对海洋的开发具有重要意义，特别是遥感图像可提供大尺度、现实性强、多层次、全天候、客观逼真的丰富信息，为海洋研究及指导海洋渔业生产提供了基础。

5.在环境监测及对抗自然灾害方面的应用

1）在环境监测方面的应用

遥感在环境监测中主要是利用遥感提供的瞬间成像的大范围图像，对大气污染、水体污染、土地污染以及海洋污染等进行监测。由于遥感所提供的信息快速及时，现实性好，以及真实客观、形象的特点，可实时地了解和掌握污染源的位置、污染物的性质、污染物的动态变化，以及污染对环境的影响，为及时采取防护或疏导措施，以及环境评价提供了基础。例如，地矿部水文方法队与地质遥感中心合作，对长江下游苏州河口至吴淞口的水污染现状做了调查研究，他们利用航空热红外扫描图像，共判读出异常点 29 处，绘制了约 25 公里江段的污染判读图。他们还对北起大连，南至海南岛海岸沿线的港口及海上平台对海水的污染情况进行了航空红外监测，为国家海洋局执法提供了依据。

近年我国相继在长春、太原、北京、天津、广州等大中城市，利用航空遥感进行城市环境的监测和评价，这标志着我国遥感在环境监测方面的应用正向更广泛深入方向发展。

2）在对抗自然灾害中的应用

自然灾害是指环境异常或环境的突发性变化，给人类生活和生存带来的灾难。近年来遥感技术在预报灾害方面取得很多重要成就，成为预报自然灾害的有力工具和手段。

气象卫星当前已进入业务性运转，形成多层次的预报网络，在灾害性天气监测、天气分析预报、气象研究等方面，发挥了十分重要的作用。我国“风云一号”“风云二号”气象卫星的研制和相继发射成功，为我国的旱情、洪水，以及滑坡、泥石流和病虫害的准确预报提供了可靠资料，为采取减灾措施提供了可靠基础。

森林火灾一直是威胁林业建设的重要灾害之一，早在 70 年代，我国就进行机载遥感-林火探测实验，在 3000 米高空通过热红外传感器可发现地面 0.1 平方米的火源。1987 年 5 月，黑龙江省大兴安岭森林特大火灾中，遥感在准确确定火源位置、范围，以及火源蔓延趋势，为扑灭大火提供及时准确的火情信息上，以及在监测火势发展，灾后评估火灾损失和恢复重建规划方面，都发挥了重要的作用，获得显著的社会经济效益。

近年来，在利用多时相遥感资料和地理信息系统技术对黄土高原水土流失进行综合调查和研究；利用全球定位系统(GPS)技术，监测地壳及其板块的运动，进行大区域的地球动力学研究，探索地震的发生机理，进行地震的中长期预报；利用多时相大比例尺航空遥感图像结合气象预报资料和地面勘查进行滑坡、泥石流的调查与监测，保障重点工程及铁路沿线的

安全；以及利用远距离卫星通讯技术，提高灾害预报的及时性和准确性，为救灾和决策提供依据等方面，都取得很大成效和重大的进展。

3）在地质灾害调查中的应用

以下遥感技术地质灾害调查中的应用是以山峡库区地质灾害调查为例。

1. 前言

三峡库区地质条件复杂，且处于暴雨频繁的亚热带气候区，地质灾害具有点多、面广、突发性强、危害性大等特点，是我国地质灾害最严重的地区之一。

2. 库区地质灾害概况

库区地质灾害的主要类型有滑坡、崩塌和泥石流。其中库区的滑坡按岩石类型又划分为松散堆积层滑坡和岩质滑坡两大类；库区内的崩塌主要为岩崩；库区的泥石流按产出可分为坡面型泥石流和沟谷型泥石流，库区内发育的泥石流以沟谷型泥石流为主，诱发泥石流的主要因素为暴雨、崩滑堆积失稳、人工弃渣堵沟等多种因素的叠加。

三峡库区地质灾害的主要致灾因子包括：①内因。由于在第四纪的快速隆升，使得三峡库区不但具有复杂的地形地貌条件，而且存在着一系列活跃的动力地质作用；②外因。三峡库区蓄水、修建高等级公路和铁路、矿山开采、移民城镇迁建、码头港口建设、毁林垦殖、人工爆破等人类工程活动已经成为一种改变地质环境的能量巨大的地质外营力。相对而言，动力地质作用影响地质灾害的过程较为缓慢，而人类的工程活动则有可能在较短的时间内引发地质灾害。库区 80%以上的地质灾害主要由人类的工程活动而引起，人类工程活动已经成为一种能够改变地质环境的巨大的地质外营力。

3. 数字遥感技术与方法

1) 数据源

对三峡库区地质灾害的研究我们主要采用了 2 种数据源：遥感数据和地理控制数据源，其中遥感数据采用了 5 个时相的数据(如表 1 所示)，地理数据源有 2 种：①研究区 1980 年测绘的 1∶5 万；②重点区 1∶1 万地形图。

表 4-1　三峡库区地质灾害遥感调查所采用的数据源

数据类型	光谱特征	空间分辨率	接收时间	主要用途
ETM	可见光至中红外 7 个波段	可见光 30m，中红外 60m，	2000 年左右	覆盖整个库区区域构造地质

	全色 1 个波段	全色 15m		
ASTER	可见光/近红外 3 个波段 短波红外 6 个波段 热红外 5 个波段	可见光/近红外 15m 短波红外 30m 热红外 90m	2003 年	局部重点灾害区获取 DEM
航片	彩红外	1∶5 万	1984 年 8 月 2003 年 3 月	覆盖整个库区 滑坡信息提取
QUICKBIRD	可见光至近红外 4 个波段 全色 1 个波段	多光谱 2.4m 全色 0.61m	2003 年 11 月 2006 年 3 月	局部重点灾害区 滑坡信息提取
地形图	—	1∶5 万	1980 年	覆盖整个库区 基础地理控制
	—	1∶1 万	1980 年	局部重点灾害区 基础地理控制

2) 图像处理方法

基于整个库区 1∶5 万地形图和重点区 1∶1 万地形图数据，利用 PCI、ENVI 和 Photoshop 等图像处理软件，通过几何校正、DEM 配准、调色、镶嵌等图像处理技术处理成图像清晰、过渡自然、高程比例协调并能反映实际地物的正射图像。

ETM 和 ASTER 卫星数据制作成 1∶5 万正射图像图，主要用于地质灾害发育地质背景(区域地质构造)信息提取；航片和 QUICKBIRD 数据制作成 1∶1 万的正射图像图，用于滑坡要素信息提取；同时，制作出整个调查区 1∶5 万 DEM 和重点区 1∶1 万 DEM 数据，用于斜坡特征，如坡度与坡向的调查，建立库区高精度三维地形模型。

3) 地质灾害信息提取方法

在充分收集已有地质环境与灾害资料的基础上，建立地质灾害及其发育环境的遥感解译标志，利用数字滑坡技术，以人机交互解译为主要手段获取相关信息，即利用 ERDAS、POTOSHOP、MapGIS 等软件平台上，在已处理好的数字图像上进行，在屏幕上随时对地质、地表环境、灾害的全貌、局部及周围进行观察和分析，确定目的物后，将其分布范围用

上述软件直接圈出来，并用 MapGIS 软件相应分析模块进行自动分析处理，求得其面积、分布位置等属性要素，主要获取基础地质环境和地质灾害两类信息。

①库区基础地质环境解译

在图像处理工作完成后形成库区各重点区正射彩色图像(1∶1 万)及 1∶5 万标准分幅正射图像图，参考库区已有基础地质环境与滑坡勘查资料，在正射图像图基础上解译出地层岩性(特别是第四纪)、断层、微地貌、阶地等的性质、范围和分布，形成整个库区的基础质环境遥感解译图。

②库区地质灾害解译

在正射彩色图像基础上解译库区的滑坡、崩塌、泥石流和崩岸地质灾害的分布、边界、灾害要素、地表水文等，形成库区重点城镇区 1∶1 万及整个库区的滑坡、崩塌、泥石流和崩岸的地质灾害分布图。

4) 库区地质灾害遥感解译

通过图像初步判释和实地踏勘验证，我们为区域地质灾害建立了如下遥感解译标志。

下面主要从滑坡灾害遥感调查入手进行论述。滑坡的解译标志有:①斜坡上部分坡体较周围地形平缓，但其可与侵蚀平台、阶地等区分；②部分缓坡后及两侧有陡壁及侧壁，大部分没有；③局部平缓斜坡有明显的界线与周围分割，这些界线可以是沟谷、陡坡下的突变缓坡等；④缓坡后部，后壁下，常有凹陷地带，有时有积水，或成为湖；⑤局部平缓斜坡上没有深沟；⑥局部平缓斜坡上没有明显的坚硬基岩形态(与稳定斜坡处的基岩对比)。

地质灾害解译分析主要步骤为：①根据相应解译标志确定地质灾害体，在 Photoshop 软件平台显示的基础图像上圈出灾害体边界范围，根据地形线确定滑坡的滑动方向(垂直等高线)，获取最初解译结果；②在最初解译结果中选取有疑问的、重要的、交通可能到达的部分地质灾害体进行现场验证；③现场验证后再作进一步分析解译、修改，形成初步解译成果；④在 MapGIS 软件中将该初步解译成果矢量化；⑤在调查区数字地理底图中定位，并与地质解译矢量化成果配准；⑥求取各滑坡位置坐标、前后缘高程、投影面积；⑦分析发育地质环境；⑧编码，并相应赋属性。

根据上述地质灾害解译标志与解译技术流程，结合野外调查，我们在库区首段(大坝至万州八个 1∶1 万工作区)共解译出各类地质灾害 883 处。其中，滑坡 815 处，崩塌 41 处，泥石流 27 处。

5) 结论

在对三峡库区地质灾害遥感调查过程中，采用数字遥感技术，制作出了库区高精度正射遥感图像图，运用数字滑坡技术和三维数字模型，调查出重点区地质灾害发育现状。结合地质学、灾害学和空间信息科学等学科，综合分析库区地质灾害分布规律及其发育环境，初步认识如下:

大坝-秭归县：大坝附近地区，岩性以花岗闪长岩为主，滑坡发育较少，以浅层风化碎屑堆积为主的小滑坡。

兴山县和秭归县：地质灾害主要表现为沿岸集镇滑坡、库岸变形和公路交通要道沿线的滑坡和崩塌，由于该区段距大坝较近，135m 蓄水时沿岸水位增高值达 70 余 m，水库蓄水对岸坡稳定性带来的影响较为突出，如千将坪滑坡、树坪滑坡和卡子湾滑坡等。

巴东县：新城区一期迁建中选址不慎，遇到黄土坡滑坡问题，后来向西扩展仍有不少滑坡存在，给搬迁用地带来困难；沿江地形高陡，岩体松动，斜坡稳定性状况较差，数处滑坡规模较大，如谭家坪滑坡、赵树岭滑坡和西壤坡滑坡。

巫山县：新城区岸坡多为强风化松动岩体，岩体稳定性较差；部分新区建于老滑坡或强风化松散岩体的变形体上；由于用地紧张，高切坡和高挡墙密集，一些高层建筑建于用高挡墙支挡的高陡边坡临坡部位，存在高边坡稳定性隐患，巫山新城区共发育 20 余处滑坡，而且多为大型滑坡，如巫山中学滑坡、残联滑坡、上西坪滑坡和玉皇阁滑坡等。

奉节县：岸坡多为强风化松动岩体，部分新区建于老滑坡或松动变形岩体斜坡上，地基变形与稳定性条件存在潜在问题；强风化松散岩体区高陡边坡较密集，局部存在多级高挡墙支挡结构，高边坡稳定性亦存在隐患。

万州区、云阳县：以近水平的岩质古滑坡和堆积层滑坡为主，缓倾角岩质高陡边坡的崩塌与危岩体也较发育，云阳地区存在较陡倾角的顺层滑坡。该两区地层产状大多小于 10°，由于其基岩为侏罗系蓬莱镇组和上下沙溪庙组长石砂岩和粉砂岩，表层残积土亦具有一定膨胀性，多处见缓坡地带较大面积浅层变形，如万州区五宝镇开发区、桑树坪-玉皇观-枇杷坪一带滑坡。

总体看来，三峡库区滑坡形成条件比较复杂，多为非典型滑坡，根据三峡库区滑坡特征，建立了库区地质灾害遥感解译的标志，同时，结合遥感数据源特点，针对不同的数据源，应用于不同的解译内容，并建立高分辨率数据源的地质灾害遥感调查技术流程。

6. 在土地调查中的应用

虽然，每年都开展变更调查，但是技术手段相对落后、信息化程度低，限制了土地利用现状成果的应用和共享。因此，为提高土地利用现状资料的现势性，在已有土地利用基础数据的基础上，采用有效的技术手段及时对其进行更新是十分必要的。

1. 土地利用更新调查技术路线

土地利用更新调查运用先进成熟的空间对地观测技术、空间数据库技术和网络技术，采取内外业相结合的调查方法，以全数字化信息获取方式，获取准确翔实的土地基础数据的技术路线。主要采用的数据经过正射图像矫正的 2.5 米的法国 spot5 彩色数据。彩色数据的获取是利用分辨率是 10 米 spot5 多光谱数据和分辨率是 2.5 米 spot5 全色图像融合而成；同时更新区域内的 1：10000 数字栅格地形图等资料也是提高土地利用现状更新手段的主要资料。

2. 关键环节的处理

遥感技术在更新过程中的应用主要是指利用遥感图像图进行土地更新调查。遥感图像图制作过程中的关键环节处理的方法直接影响图像的质量。下面是在关键环节上采取的一些保证图像精度的措施。

1) 遥感图像的几何精校正

进行几何校正实际上是按照一定大地水准面和投影坐标体系来确定遥感图像中地物的位置，使遥感图像数据重新排列，生成一幅符合某种地图投影或图形表达要求的新的图像，由此达到几何校正的目的。

2) 遥感图像的配准

图像配准就是指将多图像的同名图像通过几何变换重叠，即实现图像与图像间地理坐标及像元空间分辨率上的统一。

3) 遥感图像的融合

图像融合(Image Fusion)是一种将多源遥感图像数据在统一的地理坐标系中，采用一定的算法将多幅图像合成为一幅新的图像的过程。其目的是将单一传感器的多波段信息或不同类传感器所提供的信息加以综合，消除多传感器信息之间可能存在的冗余和矛盾，以增强图像中信息透明度，改善解译的精度、可靠性以及使用率，以形成对目标的清晰、完整、准确的信息描述。图像融合不是简单的迭加，它产生新的蕴含更多有价值信息的图像，即达到

1+1>2，甚至是远大于 2 的效果。通过图像融合既可以提高多光谱图像空间分辨率，同时又保留了其多光谱的特性。可以说，图像融合可以让使用者得到更多的信息，减少理解的模糊性，提高遥感数据的利用效率。

以上的图像的几何精校正、配准和融合适图像预处理的过程，其目的就是对观测数据作成像处理，以便获得一幅比较清晰的、对比度强、位置准确的图像以提高分类的精度。图像预处理在计算机分类处理中占有重要的地位。

3. 遥感图像的判读

遥感图像的判读分为目视判读和计算机自动分类判读两种方法。通过计算机自动分类判读的监督分类实验发现，SPOT5 融合的高分辨率图像的分类图像从精度分析上存在很大一部分的漏分和错分，与土地更新的要求不相符，达不到规定要求的精度。主要原因是遥感探测中普遍存在的“异物同谱”和“同物异谱”现象造成的。由于 SPOT5 的高分辨率可能造成同一地物的不同部位光谱特性也存在差异，因此不适合将分类结果继续运用在对 1: 1 万土地利用现状信息的更新工作中，而应采用人机交互目视解译的方法。

4. 遥感图像图在外业调查中的应用

利用遥感正射图像图作为工作底图开展外业调查时，可用遥感正射图像图与符合要求的土地利用数据库图件进行套合，经修正后，提取并勾划出变化信息，作为更新调查外业工作底图；也可参考土地详查图件将未发生变化的各种界线和属性等调查内容，依据图像直接转绘到土地更新调查工作底图上，实地核实确认；同时也可利用遥感正射图像图直接作为工作底图进行全野外调绘，这是最好的办法，但工作量较大。

从总体上，随着遥感技术的发展，高分辨率、高光谱遥感以及雷达图像应用于土地资源调查技术日趋成熟。传统的土地利用变更调查劳动强度大，费用高，时效性差，很难满足社会经济发展及土地可持续利用的需要。遥感技术具有宏观、动态、便捷、可重复和成本低等诸多优点，已成为快速、客观、准确监测土地利用变化状况及其变化规律的重要手段。将其应用到土地利用数据库更新中来，具有十分重要的研究意义和使用价值，也是十分可行的一种技术方案。

第四章 GPS 的基础知识

1.GPS 系统概念

全球定位系统（NAVSTAR GPS，NAVigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System，以下简称GPS）原是美国国防部为了军事定时、定位与导航的目的所发展，希望以卫星导航为基础的技术可构成主要的无线电导航系统，未来并能满足下一个世纪的应用。

全球定位系统是利用人造地球卫星进行点位测量导航技术的一种，其它的卫星定位导航系统有俄罗斯的 GLONASS，欧洲空间局的 NAVSAT，国际移动卫星组织的 INMARSAT 等等。GPS 全称是 NAVSTAR(NAVigation Satellite Timing And Ranging)/GPS，由美国军方组织研制建立，从 1973 年开始实施，到九十年代初完成。

GPS 系统包括三大部分：空间部分——GPS 卫星星座；地面控制部分——地面监控系统；用户设备部分——GPS 信号接收机。

1）GPS 卫星星座：全球卫星定位系统实际上是由 24 颗卫星所组成，其中有 3 颗为备用卫星，这些卫星分布于距地表 20,200 公里的上空，而且分属于 6 个轨道面；卫星轨道面倾斜角为 55 度，提供全球全天候，每秒一次，持续不断的定位讯号。这些卫星每 11 小时 58 分环绕地球一次，即每天绕过您的头顶二次，就像是月球一样不停地绕着地球旋转，其速度约每秒 1.8 哩。这些卫星需要地面管制站随时加以监控是否 GPS 卫星在其正确的轨道上及正常运作，另外监控中心可上传资料给卫星，卫星再将这些信息下传给 GPS 使用者使用。地面共有五个监控中心，四个上传资料站及一个控制中心，这些控制站以纬度来划分其所控制的卫星。在概念上，GPS 是代表着整个系统，包括天空上的卫星、地面控制站及 GPS 接收机。不过一般而言，GPS 即意指一个 GPS 接收机，这是因为我们在使用上多半只会接触 GPS 接收机的缘故。一般所使用之 GPS 接收机在任何时刻接收到 4 颗或更多的卫星。

2）地面控制部分：对于导航定位而言，GPS 卫星是一动态已知点，而卫星的位置是依据卫星发射的星历——描述卫星运动及其轨道的参数——计算得到的。每颗 GPS 卫星播发的星历是由地面监控系统提供的，同时卫星设备的工作监测以及卫星轨道的控制，都由地面控制系统完成。

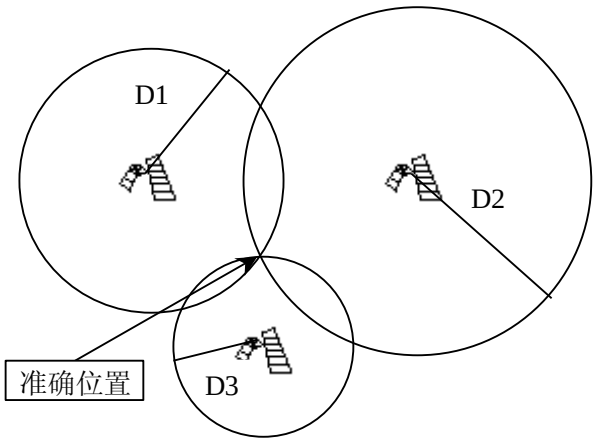
GPS 卫星的地面控制站系统包括位于美国科罗拉多的主控站以及分布全球的三个注入站和五个监测站组成，实现对 GPS 卫星运行的监控。

3）GPS 信号接收器：GPS 信号接收机的任务是，捕获 GPS 卫星发射的信号，并进行处理，根据信号到达接收机的时间，确定接收机到卫星的距离。如果计算出四颗或者更多卫星到接收机的距离，再参照卫星的位置，就可以确定出接收机在三维空间中的位置。

2.GPS 定位原理

简单的说 GPS 如何运作：每一颗卫星会告诉您使用的接收机三件事，我是第几号卫星，我现位置在那里，我什么时候送这讯息给您。当您的 GPS 接收机接收到这些资料后会将星历资料及 Almanac 存起来使用，这些资料也用做修正 GPS 接收机上的时间。GPS 接收机比较每一卫星讯号接收到的时间及本身接收机的时间的不同，而计算出每一卫星道接收机的距离。接收机若在接收到更多卫星时，它可利用三角公式计算出接收机所在位置。三颗卫星可做所谓 2D 定位(经度及纬度)，四颗或更多卫星可做所谓 3D 定位(经度、纬度及高度)。接收机继续不段地更新您的位置，所以它可计算出您的移动方向及速度。

GPS 定位基本原理是利用测距交会确定点位。如下图所示，一颗卫星信号传播到接收机的时间只能决定该卫星到接收机的距离，但并不能确定接收机相对于卫星的方向，在三维空间中，GPS 接收机的可能位置构成一个球面；当测到两颗卫星的距离时，接收机的可能位置被确定于两个球面相交构成的圆上；当得到第三颗卫星的距离后，球面与圆相交得到两个可能的点；第四颗卫星用于确定接收机的准确位置。因此，如果接收机能够得到四颗 GPS 卫星的信号，就可以进行定位；当接收到信号的卫星数目多于四个时，可以优选四颗卫星计算位置。



3.GPS 的作用与应用

导航定位：车辆，航空，航海

例如：汽车卫星导航系统，于美国日本已相当风行，中国也已经很普遍。在可预见的未来，所有的飞行器将使用GPS做导航的标准设备，在飞机起降的时候，无须依赖机场地面的导航设备。

大地测量，一般测量

传统的三角测量是一件十分辛苦的事，特别是在地面三角测量点缺乏，地标不明显的时候，测量工作格外困难。GPS定位则无须仰仗地面控制点，只要在没有遮蔽的情况下，几乎不受地形地物的限制，所以使用GPS作为测量的工具，大大改善了传统测量的不便。精确度需求越高的测量工作，需要越高精度的GPS，当然也就越昂贵。

制图

电子地图之制作及粗略地形图之制作。地图的数字化有很多种：将已存在的纸面地图用数字版数化、或使用扫描仪扫描至计算机中，再进行屏幕数化或自动数化。我们可使用GPS在车辆行进的时候，每隔一段时间将道路点(WAYPOINT)记录下来，如此便完成粗略的地图数化工作。

任务派遣：货运，救护，消防，警政

这类应用方向，是将GPS配合无线电传输，可将各车辆所在位置动态传回派遣中心，以利调度工作。当然，如果运用在大众运输工具，可利于一般大众于候车时了解班车抵达的状况，如：目前车行进到哪里了、车速如何(塞车状况)、预计何时可抵达等相关讯息。登山定位，山难协寻。GPS可准确的定位、定向，在开阔的地方使用GPS定位，配合地形图可以非常准确的了解目前所在位置，而不会因人为判断错误而迷路。我们也可将GPS配合无线电传输，将登山人员所在位置传送至山难协寻中心，以利救难搜寻工作。

精确定时

由于GPS定位需要非常精确的时间，每颗GPS卫星上都有精密的原子钟，所以GPS接收机可以接收到精确的时间信息。

军事

GPS 发展目的，一开始就是考虑军事的用途，所以举凡战机、战舰、战车、飞弹、相关军事人员及攻击目标物的精确定位，均仰赖 GPS 完成。全球卫星定位系统（GPS）是美

军 70 年代初在"子午仪卫星导航定位"技术上发展起来的具有全球性、全能性（陆地、海洋、航空与航天）、全天候优势的导航定位、定时、测速系统，由空间卫星系统、地面监控系统、用户接收系统三大子系统构成，已广泛应用于军事和民用等众多领域。在发达国家，GPS技术已经开始应用于交通运输和道路工程之中。目前，我国在这方面的应用也已开始起步。

GPS在道路工程中的应用在道路工程中，GPS目前主要用于建立各种道路工程控制网及测定航测外控点等。高等级公路的迅速发展对勘测技术提出了更高的要求，由于线路长、已知点少，因此，用常规测量手段不仅布网困难，而且难以满足高精度的要求。目前，国内已逐步采用GPS技术建立线路首级高精度控制网。实践证明，在几十公里范围内的点位误差只有2cm左右，达到了常规方法难以实现的精度，同时大大提前了工期。GPS技术同样应用于特大桥梁的控制测量中。由于无需通视，可构成较强的网形，提高点位精度，同时对检测常规测量的支点也非常有效。如在江阴长江大桥的建设中，首先用常规方法建立了高精度边角网，然后利用GPS对该网进行了检测，GPS检测网达到了毫米级精度，与常规精度网的比较符合较好。

GPS技术还在隧道测量中具有广泛的应用前景，其测量无需通视，减少了常规方法的中间环节，因此，速度快、精度高，具有明显的经济和社会效益。

差分动态GPS在道路勘测方面主要应用于数字地面模型的数据采集、控制点的加密、中线放样、纵断面测量以及无需外控点的机载GPS航测等方面。GPS测量包含有三维信息，可用于数字地面模型的数据采集、中线放样以及纵断面测量。在中线平面位置放样的同时，可获得纵断面，在中线放样中需实时把基准站的数据由数据链传到移动站，从而提供移动站的实时位置。由于GPS仪器不像经纬仪那样可以指示方向，因此，需与CAD系统相结合，从而可在计算机屏幕上看到目前位置与设计坐标之间的差异。

机载动态差分GPS应用于航测，在德国和加拿大已取得了成功，用载波相位差分测出每个摄影中心的三维坐标，而不再需要外控点测量，取得了良好的效果。

GPS在汽车导航和交通管理中的应用三维导航是GPS的首要功能，飞机、船舶、地面车辆以及步行者都可利用GPS导航接收器进行导航。汽车导航系统是在GPS的基础上发展起来的一门新技术。它由GPS导航、自律导航、微处理器、车速传感器、陀螺传感器、CD-ROM驱动器、LCD显示器组成。

GPS导航是由GPS接收机接收GPS卫星信号（三颗以上），得到该点的经纬度坐标、速度、时间等信息。为提高汽车导航定位的精度，通常采用差分GPS技术。当汽车行驶到地下隧道、

高层楼群、高速公路等遮掩物而捕捉不到GPS卫星信号时，系统可自动导入自律导航系统，此时由车速传感器检测出汽车的行进速度，通过微处理单元的数据处理，从速度和时间中直接算出前进的距离，陀螺传感器直接检测出前进的方向，陀螺仪还能自动存储各种数据，即使在更换轮胎暂时停车时，系统也可以重新设定。

由GPS卫星导航和自律导航所测到的汽车位置坐标、前进的方向都与实际行驶的路线轨迹存在一定误差，为修正这两者间的误差，使之与地图上的路线统一，需采用地图匹配技术，加一个地图匹配电路，对汽车行驶的路线与电子地图上道路的误差进行实时相关匹配，并做自动修正，此时，地图匹配电路通过微处理单元的整理程序进行快速处理，得到汽车在电子地图上的正确位置，以指示出正确行驶路线。CD-ROM用于存储道路数据等信息，LCD显示器用于显示导航的相关信息。GPS技术以前多用于军事上，主要用于陆、海、空导航，定点轰炸以及舰载导弹制导。该技术在海湾战争及近期反恐战争中发挥了巨大威力。

海湾战争后，GPS在美国民用领域的应用和研究获得迅速发展，目前已涉及人员救生、交通导航、绘制地图、火灾跟踪、地震监控等诸多方面。在农业上，美国8年前就在明尼苏达州的两个农场进行精准农业技术的试验，使用GPS指导施肥的产量比传统平衡施肥的产量提高30％左右，经济效益大大提高。当然，GPS与人们日常生活接触最多的还是交通引导系统，尤其在汽车、轮船、火车、飞机上的应用迅速普及。装置在汽车里的GPS系统不仅可以使驾驶员找到自己的位置，还能指明方向。驾驶者只要在GPS显示屏上输入目的地名称，汽车就会自动选择最佳路线，并避开交通堵塞路段，如遇险情还能及时提醒驾驶员。

由于体积小、价格便宜，目前安装GPS已成为美国汽车消费者的一种时尚选择。此外，登山、航空、测量等方面应用的各类小型GPS产品也已大举进入市场，大大提高了人们进行这些野外运动的安全性。专家估计，随着研发的深入，GPS技术在人们日常生活中的应用前景将非常广阔。

4.北斗卫星导航定位系统

4.1 简单介绍

北斗卫星导航定位系统，是中国自行研制开发的区域性有源三维卫星定位与通信系统（CNSS），是除美国的GPS、俄罗斯的GLONASS之后第三个成熟的卫星导航系统。该系统

由三颗（两颗工作卫星、一颗备用卫星）北斗定位卫星（北斗一号）、地面控制中心为主的地面部份、北斗用户终端三部分组成。可向用户提供全天候、二十四小时的即时定位服务，定位精度可达数十奈秒(ns)的同步精度，其精度与GPS相当。

三颗导航定位卫星的发射时间分别为：

2000年10月31日；

2000年12月21日；

2003年5月25日，第三颗是备用卫星；

系统构成与工作原理

北斗卫星导航定位系统的系统构成有：两颗地球静止轨道卫星、地面中心站、用户终端。北斗卫星导航定位系统的基本工作原理是“双星定位”：以2颗在轨卫星的已知坐标为圆心，各以测定的卫星至用户终端的距离为半径，形成2个球面，用户终端将位于这2个球面交线的圆弧上。地面中心站配有电子高程地图，提供一个以地心为球心、以球心至地球表面高度为半径的非均匀球面。用数学方法求解圆弧与地球表面的交点即可获得用户的位置。

由于在定位时需要用户终端向定位卫星发送定位信号，由信号到达定位卫星时间的差值计算用户位置，所以被称为“有源定位”。

4.2.北斗星导航系统与 GPS 系统的比较

1、覆盖范围：北斗导航系统是覆盖中国本土的区域导航系统。覆盖范围东经约70°—140°，北纬5°—55°。GPS是覆盖全球的全天候导航系统。能够确保地球上任何地点、任何时间能同时观测到6-9颗卫星(实际上最多能观测到11颗)。

2、卫星数量和轨道特性：北斗导航系统是在地球赤道平面上设置2颗地球同步卫星颗卫星的赤道角距约60°。GPS是在6个轨道平面上设置24颗卫星，轨道赤道倾角55°，轨道面赤道角距60°。航卫星为准同步轨道，绕地球一周11小时58分。

3、定位原理：北斗导航系统是主动式双向测距二维导航。地面中心控制系统解算，供用户三维定位数据。GPS是被动式伪码单向测距三维导航。由用户设备独立解算自己三维定位数据。“北斗一号”的这种工作原理带来两个方面的问题，一是用户定位的同时失去了无线

电隐蔽性，这在军事上相当不利，另一方面由于设备必须包含发射机，因此在体积、重量上、价格和功耗方面处于不利的地位。

4、定位精度：北斗导航系统三维定位精度约几十米，授时精度约100ns。GPS三维定位精度P码目前已由16m提高到6m，C/A码目前已由25-100m提高到12m，授时精度目前约20ns。

5、用户容量：北斗导航系统由于是主动双向测距的询问--应答系统，用户设备与地球同步卫星之间不仅要接收地面中心控制系统的询问信号，还要求用户设备向同步卫星发射应答信号，这样，系统的用户容量取决于用户允许的信道阻塞率、询问信号速率和用户的响应频率。因此，北斗导航系统的用户设备容量是有限的。GPS 是单向测距系统，用户设备只要接收导航卫星发出的导航电文即可进行测距定位，因此GPS的用户设备容量是无限的。

6、生存能力：和所有导航定位卫星系统一样，“北斗一号”基于中心控制系统和卫星的工作，但是“北斗一号”对中心控制系统的依赖性明显要大很多，因为定位解算在那里而不是由用户设备完成的。为了弥补这种系统易损性，GPS正在发展星际横向数据链技术，使万一主控站被毁后GPS卫星可以独立运行。而“北斗一号” 系统从原理上排除了这种可能性，一旦中心控制系统受损，系统就不能继续工作了。

7、实时性：“北斗一号”用户的定位申请要送回中心控制系统，中心控制系统解算出用户的三维位置数据之后再发回用户，其间要经过地球静止卫星走一个来回，再加上卫星转发，中心控制系统的处理，时间延迟就更长了，因此对于高速运动体，就加大了定位的误差。此外，“北斗一号”卫星导航系统也有一些自身的特点，

虽然GPS已广泛应用，但也绝非完美无缺。

1)其规模太大、造价太高，其他国家很难效仿，俄罗斯和欧洲的空间局就是典型的例子。

2) GPS只能用作导航却无法实现通信功能，因而不能满足日益增长的用户需求。如果仅依赖GPS，则容易受他人控制。卫星定位系统，这方面的应用业务刚刚开始，在这之前民用的一些试验试点工作已经开展一年多了。

“北斗一号”和GPS的区别主要在于两个方面，一方面是技术体制的区别，GPS是一个接收型的定位系统，只转播信号，用户接收就可以做定位了，不受容量的限制。“北斗一号”是双向的，既有定位又有通信的系统，但是有容量的限制，GPS是美国军方控制的军民共用的系统，对世界开放。我们中国人所说的使用的GPS是可以免费接收它的信号，但美国人并

不承诺保证你的使用，他目前不收费，但没有承诺永远不收费。

美国的GPS在当年刚刚被使用时要比“北斗一号”贵得多，早期在上世纪80年代末90年代初人们在用GPS系统时最便宜的GPS接收机就要几万美元，贵的要几十万美元，一套两个。北斗现在的用户终端的价格是比GPS低端的价格要贵，现在GPS价格一般导航系统在几千元人民币，高精度GPS几万到十几万元人民币不等。北斗的用户终端目前在两万元左右。

另一个问题就是它的用途和特点是不一样的，GPS解决了一个我在哪里的定位问题，比如在沙漠里，在海洋上。而北斗不仅仅解决了我在哪里，它还解决你在这里他在哪里的问题，北斗的用户终端实际是具有收发功能，而GPS只具有接收功能，它通过接收才知道位置，而北斗是具有收发功能，它的定位需要发射然后再得到位置，同时它的位置可能传给你也可以传给关心你的人，实际上北斗是具有一个定位和通信双重功能的设备，在用户群上是不一样的，接收的场合是不一样的。

第三章 3S 技术的整合应用

1.RS 在 3S 方面的应用

遥感（Remote Sense）、地理信息系统(Geographic Information System）与全球定位系统((Global Positioning System)的英文名称中最后一个单词均含有“S”，人们习惯将这三种技术合称之为“3S”技术。

遥感技术能动态地、周期性地获取地表信息，广泛应用于各个领域。遥感数据在“3S”技术中的作用主要表现在以下方面：

1.)GIS 数据库的数据源

遥感数字图像可以作为 GIS 数据库中一种重要的数据源，从遥感图像中可以获取不同专题数据，更新 GIS 数据库中的地学专题图。

遥感技术能够以低廉的价格快速提供各种遥感数字图像，这为我们利用遥感图像理解技术获取不同地学专题信息，更新 GIS 中专题图提供了条件。

利用图像理解技术获取遥感图像不同专题信息的方法如下：

由分析遥感图像解译过程和认知机制入手，弄清遥感图像解译机理，总结遥感图像解译力法，实现遥感数字图像地学专题解译知识的表示，建立地学遥感图像解译知识库。在此基

础上，采用模式识别方法对卫星数字图像进行预分类，在分类基础上，抽取数字图像形态和空间关系等特征，将原始数字图像与预分类图像叠合，抽取每个区域内部的纹理特征，然后，综合运用遥感图像光谱特征、形态与纹理特征，以及空间关系等特征作为识别信息，运用模式识别与专家系统相结合的方法，指导遥感图像的特征匹配与地物识别，实现典型地区的卫星数字图像的地学专题信息的获取。最后，将这些获取的地学专题信息与地理数据库中原来存贮的专题信息相比较，检查专题信息是否相同，若不相同，则可以以遥感数字图像中获取的专题信息作为数据源，实现地理数据库的更新。

2.)利用遥感数字图像获取地面高程，更新 GIS 中高程数据

从不同角度拍摄的同一地区的航空照片和高分辨率卫星数字图像，可以利用数字图像相关技术对重叠成像区域实现地形高程信息的获取，这是对传统测绘方法的重大改进。获取遥感图像高程信息的原理是：将空间部分重叠的两幅图像进行投影校正，并且精确配准位置（光学像片首先要数字化），测出每个像元的灰度值梯度，构造灰度值矩阵，通过对不同配置位置的交叉相关，根据两图像中地物光束或地物辐射电磁波信号的连续相对位移算出相关系数，相关系数的最大值定义为两图像像元的灰度向量间夹角最小，在此基础上剔除粗差，建立地面高程模型，由此来确定图像中每点的高程。

我国科学工作者在上述研究中，提出并解决了沿核线法进行数字图像重采样和图像匹配的跨接理论与算法，实现了遥感数字图像从单点图像匹配发展到总体图像匹配，提出的图像匹配理论和算法，解决了特征提取与高精度定位问题，提高了从遥感数字图像获取地面高程的精度。随着高分辨率遥感图像在民用领域的推广使用，利用高分辨率遥感图像获取地面高程的成本将会降低，它将成为更新 GIS 数据库高程数据的一个重要数据来源。

2.GPS 和 GIS 的结合

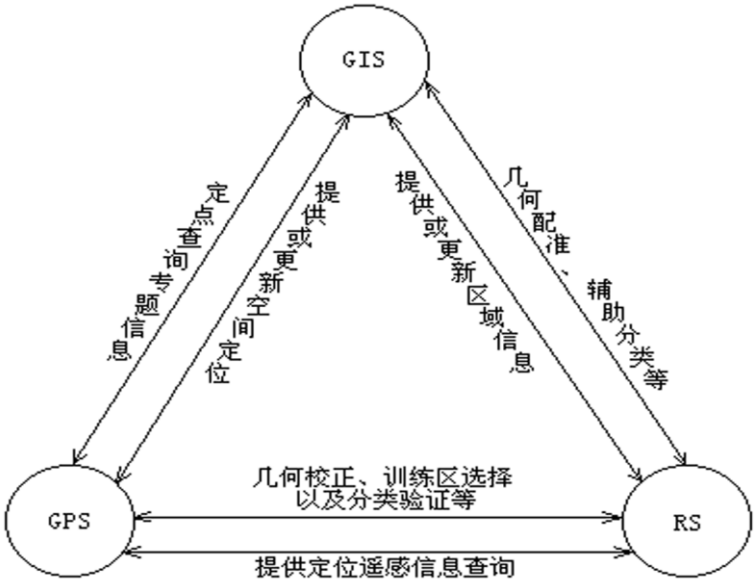
绝大多数单独的 GPS 接收机以经纬度和 GPS 高度表示位置。但是坐标如北纬 24 度，东经 121 度和 100 公尺高对你决定所在位置并不很好用，你还需要知道你在地图上的位置。GIS 地理信息系统是存于计算机中的地图数据库(Database)，GIS 能比纸上地图更为精致复杂。它可以是三度空间以显示地形图，也可包括其它有用的信息，如加油站、旅游胜地的照片等等，汽车导航系统就是 GPS 和 GIS 之组合，这种应用被人看好是 21 世纪 GPS 市场中最庞大的一部分。另需特别注意 GPS 的高度。它并不是真正距地面上的高度，也不是海平

面上的高度，因为 GPS 接收机不是 GIS，并不知道外面世界的真象。

例如：森林区、山坡地违规开发查报工作。使用GPS可顺利导航至可疑之变异点，并直接查询调阅地籍图等相关资料以利研判。

3. 3S 集成应用综述

3S技术为科学研究、政府管理、社会生产提供了新一代的观测手段、描述语言和思维工具。3S的结合应用，取长补短，是一个自然的发展趋势，三者之间的相互作用形成了“一个大脑，两只眼睛”的框架，即RS和GPS向GIS提供或更新区域信息以及空间定位，GIS进行相应的空间分析，以从RS和GPS提供的浩如烟海的数据中提取有用信息，并进行综合集成，使之成为决策的科学依据。



3S的相互作用与集成[作者：邬伦]

GIS、RS和GPS三者集成利用，构成为整体的、实时的和动态的对地观测、分析和应用的运行系统，提高了GIS的应用效率。在实际的应用中，较为常见的是3S两两之间的集成，如GIS/RS集成，GIS/GPS集成或者RS/GPS集成等，但是同时集成并使用3S技术的应用实例则较少。美国Ohio大学与公路管理部门合作研制的测绘车是一个典型的3S集成应用，它将GPS接收机结合一台立体视觉系统载于车上，在公路上行驶以取得公路以及两旁的环境数据并立即自动整理存储于GIS数据库中。测绘车上安装的立体视觉系统包括有两个CCD摄象机，在行进时，每秒曝光一次，获取并存储一对影象，并作实时自动处理。

RS、GIS、GPS 集成的方式可以在不同的技术水平上实现，最简单的办法是三种系统分开而由用户综合使用，进一步是三者有共同的界面，做到表面上无缝的集成，数据传输则在内部通过特征码相结合，最好的办法是整体的集成，成为统一的系统。

单纯从软件实现的角度来看，开发 3S 集成的系统在技术上并没有多大的障碍。目前一般工具软件的实现技术方案是：通过支持栅格数据类型及相关的处理分析操作以实现与遥感的集成，而通过增加一个动态矢量图层以与 GPS 集成。对于 3S 集成技术而言，最重要的是在应用中综合使用遥感以及全球定位系统，利用其实时、准确获取数据的能力，降低应用成本或者实现一些新的应用。

3S 集成技术的发展，形成了综合的、完整的对地观测系统，提高了人类认识地球的能力；相应地，它拓展了传统测绘科学的研究领域。作为地理学的一个分支学科，Geomatics* 产生并对包括遥感、全球定位系统在内的现代测绘技术的综合应用进行探讨和研究。同时，它也推动了其它一些相联系的学科的发展，如地球信息科学、地理信息科学等，它们成为“数字地球”这一概念提出的理论基础。

4、3S 技术的结合应用案例

4.1、3s 技术在土地调查中的应用

为全面查清全国土地，国务院决定在全国开展第二次土地调查，新一轮土地调查时间短，要求高，因此需用合理应用遥感、地理信息系统、全球定位等现代测绘技术，采用内、外业相结合的调查方法，建立土地调查数据库及管理系统，是第二次土地调查快速、高效完成的关键，决定着土地调查成果的精确度和准确性，标志着我国土地管理手段能否取得关键性的进步。

土地调查是我国法定的一项重要制度，为全面查实查清全国的土地资源，在完成调查方案编制、技术规范制定以及试点等工作的基础上，国务院决定自 2007 年 7 月 1 日起在全国范围内利用遥感等先进技术，开展第二次全国土地调查。

与上世纪 80 年代的第一次土地详查相比，新一轮土地调查的特点在于充分应用航天航空遥感、地理信息系统、全球卫星定位等现代测绘技术，采用内、调查方法，全面查清全国

城乡各类土地的位置、权属、面积、分布状况等，并运用 GIS、数据库及网络通讯等信息技术，建立连通的“国家—省—市—县”四级土地调查数据库和管理系统。

1)遥感技术的应用

21 世纪以来,遥感特别是高分辨率遥感技术取得了突飞猛进的发展,遥感技术在土地资源调查监测和土地资源管理中的应用进入了实用化和业务化的新阶段。我国从 1996 年开始开展了全国 50 万以上人口城市的土地利用遥感动态监测。在 1999 年开始的国土资源大调查中,土地资源遥感动态监测被列为重点项目之一,监测成果在国土资源管理乃至社会经济发展中得到了广泛应用,成效显著。在新一轮土地调查工作中,遥感技术将作为核心技术和主要调查方法发挥极其重要的作用。

第二次土地调查主要的工作流程为：借助高分辨率的卫星遥感数据，先在内业预判，制作工作底图，再外业调绘的技术思路。高分辨率的卫星遥感数据，有 SPOT（2.5m 分辨率）、IKONOS（1m 分辨率）、Quickbord（0.61m 分辨率）等，是第二次土地调查主要的信息源。将遥感影像与土地利用现状数据叠加，勾绘出土地利用现状发生变化的范围，并利用专业软件（如 MapGIS）进行手工解译，也可借助 eCognition 等专业遥感软件对影像进行内业分类处理，再进行外业调查，可以减少外业调查的工作量，提高工作效率。将遥感影像与土地利用现状数据叠加，并通过专业软件分析，能准确反映出土地利用现状变化的范围等，以达到快速，准确地变更。

2) GPS 技术的应用

对于通过航空摄影相片制作的正射影像图，GPS 用于相控点测量，显示出极大的优势。其一，精度高。一般的相控点测量要求的精度，均以相对于成图比例尺的图上误差 0.1mm 为主要限差，就 1：1 万比例尺而言，允许误差为 1m。而用于测量的 GPS，其精度一般为 3～5mm＋（2ppm），因此测量的精度可限制在 0.1~0.2m 之内，明显优于允许误差；其二，应用灵活。可不必考虑已知点到相控点的距离问题，可任意在选取的目标上刺点、观测；其三，精度均匀。不必考虑其控制点的发展等级，而获取精度均匀的相控点成果。而对于应用航天遥感数据制作的正射影像图，如利用 Spot 2.5m 和 Quickbird0.61m 分辨率制作正射影像图，其相控点大部分可以在等比例尺的地形图上（DRG）选取纠正，但也必须在每景的周边布设适当的相控点，以保证其接边的精度。GPS 用于这种大面积、大范围的相控点测量显示了灵活、方便、快捷的优点。

由于二次调查时间滞后于遥感影像数据获取时间，再加上遥感影像上阴影等的存在，使得内业判读不能做到完整、准确，因此在应用遥感影像进行外业调绘中，必定存在补测及外业核实的问题。GPS/RTK 测量技术应用于补布测新增地物时，精度高、速度快，其内业解算的数据可以直接转入计算机进行编辑，具有很强的兼容性。

另外，在外业调查过程中，可以应用 PDA 加载手持式 GPS（精度为亚米级、米级），应用压缩的正射影像图，在野外实现图上快速定位，以便于作业人员判读，为外业人员进行实地调查，数据采集提供便捷的手段。如，清华山维公司研制的 Qimage CE 掌上机外业影像调绘系统，可以实现在掌上电脑中进行图像漫游，捆绑 GPS 图上自动定位，实现内、外业一体化的作业模式。

3) GIS 技术的应用

GIS 与数据库技术应用于土地管理已经比较成熟，早在第一次土地祥查中，GIS 技术就被应用于土地调查成果数据库的建设，还可用于土地调查数据格式转换（.DXF 到 MAPGIS 平台格式），坐标转换，土地调查数据库内业质量检核（对图形数据、地物之间的拓扑结构、属性结构等进行自动检查），实现土地调查分类面积自动统计，并为土地管理提供科学手段.

第四部分 GIS 行业应用实务

第一章 GIS 在各行业中的应用

1.资源管理

资源管理应用包括：林业资源管理、农业资源管理、水资源管理、国土资源管理、海洋资源管理、矿产资源管理等。

对用于农业和林业领域，解决农业和林业领域各种资源(如土地、森林、草场) 分布、分级、统计、制图等问题；对于国土资源管理包括土地规划、土地调查统计、土地评价、对土地利用状况进行动态监测等；对于矿产资源管理包括矿产开采、储备、地质普查等；以及对全国范围内能源保障供给及资源配置问题的管理。

2.金融管理

金融管理应用包括：银行保险、商业、房地产业等

对于金融业领域包括金融趋势分析，特殊服务需求分析，金融机构服务网点的定位、规划和竞争分析、服务区域分析等；对于商业及房地产业 GIS 技术对其客户的购买习惯、商业行为具有强大的洞察力，通过 gis 技术可以更明确的定位其最佳服务群，使有限的市场和广告资源产生最直接的效果。

3.城市规划

城市规划应用包括：城市规划、城市交通、公共安全、应急响应、医疗管理等。

对于城市规划管理包括设计城市规划辅助方案、对市政规划选址分析、市政道路规划管理、绿地比例合理化分布的管理、公共设施、运动场所、服务设施等建筑规划的管理。以及对城市交通线路规划、公共安全设施设计、突发事件应急响应提供预案，对医疗网点合理化分布等的管理。

对于城市基础设施管理提供市政管线规划，主要指城市地下管道(包括自来水、污水排放、煤气等管道)、通信网络、邮政网点、道路与交通设施等管理，由于这些设施同时具有与几何和空间位置相关的特性 ,建立 GIS 的信息系统能够提高对这些设施的管理水平 ,同时能够极大地提高设计与施工、设备维护与故障排除、线路改造等方面的效率。

4.交通运输

交通运输应用包括：运输调度、公路管理、航空管理、智能管理。

城市交通管理包括线路规划和分析、公交车辆的调度和紧急事的处理。车辆的自动定位和跟踪显示、客运车辆计划和路线规划。公交车站和设施管理、路线以及通信信号的维护管理。突发事件的迅速定位和事故分析。统计分析以及根据统计结果制定新的路径。交通规划和建模分析等。

5.环境保护

环境保护应用包括：环境评估、灾害预测（洪灾预测、地震预测）

生态、环境管理包括区域生态规划、环境现状评价、环境影响评价、污染物削减分配的决策支持、环境与区域可持续发展的决策支持、环保设施的管理、环境规划、环境的变化及发展趋势进行预报分析 ,同时通过统计分析及模拟研究为环境保护提供决策依据等。还可用 GIS 建立灾害预测信息系统对突发灾害提供解决预案。如在发生洪水、战争、核事故等重大自然或人为灾害时，合理安排人员撤离的最佳路线、并配备相应的运输和保障设施等问题。

6.商业与市场

商业与市场应用包括对商业设施的建立需考虑其市场地理位置分布。例如大型商场的建立如果不考虑其他商场的分布、待建区周围居民区的分布和人数，建成之后就可能无法达到预期的市场和服务面。有时甚至商场销售的品种和市场定位都必须与待建区的人口结构、年龄构成、性别构成、文化水平、消费水平等结合起来考虑。地理信息系统的空 间分析和数据库功能可以解决这些问题。

7.测绘与制图

测绘与地图制图应用为测绘与地图制图带来了一场革命性的变化。集中体现在：地图数据获取与成图的技术流程发生的根本的改变；地图的成图周期大大缩短；地图成图精度大幅度提高；地图的品种大大丰富。数字地图、网络地图、电子地图等一批崭新的地图形式为广大用户带来了巨大的应用便利。测绘与地图制图进入了一个崭新的时代。

8.政府决策

为政府提出宏观分析、管理和决策。为研究国家的政治、经济和军事现状及发展提供决策信息支持。提高政府 OA 的应用层次，为实施“电子政府”提供强有力的支持。

9.电子政务

（1）GIS 是电子政务信息资源的空间定位平台。电子政务旨在为政府机关建设一套用于对政治、经济和社会发展进行综合业务管理和分析辅助决策的工具。政务办公业务综合资源数据库是电子政务建设的核心。政府办公业务综合资源数据库所涉及的信息是多方面的，既需要政府办公自动化(OA)和政府管理信息系统（MIS）中的大量政务数据、统计数据和专题数据，更需要政务 GIS 的空间地理基础数据；其中，地理基础数据是政务数据、统计数据和专题数据的信息载体和定位基础。中办[2002]号文中确定的 12 个重要业务系统和 4 个基础信息库的建设和应用都离不开地理空间数据的支持。以“金水工程”为例，大型水利工程的规划和建设，水资源的合理配置，供水工程管理、水土保持，南水北调工程、抗旱工程、建设全国七大江河流域的防汛抗灾信息系统等都需要多源、多尺度、多时相国家空间数据框架(NSDI)的支持。 （2）GIS 可以为电子政务提供空间辅助决策平台。在电子政务建设过程中，统计型政务管理信息系统，一般只能用于事物处理、综合业务管理和非空间分析决策，因而制约了社会经济数据的使用层次和使用效率。政务 GIS 与电子政务的融合，就能实现对非空间数据的空间定位、空间分析和空间辅助决策；即不仅能确定客观实体是什么，还能确定客观实体的地理位置和空间分布规律；通过空间数据挖掘，可以获得新的信息和知识，从而有助于提高政府决策的科学性和时效性。 （3）GIS 可以为电子政务提供可视化工具。一般统计型管理信息系统难以提供丰富多彩的图形、图像显示工具，而政府 GIS 则可在符号系统和动态多媒体系统的支持下，通过模拟地图、电子地图、多媒体系统、三维仿真和虚拟现实技术等实现对政府机关综合业务管理和空间辅助决策的可视化表达，从而提高工作效率。

10.军事

军事是以准备和实施战争为中心的社会活动。一切军事行动都是在一定的地理环境中进行的，地理环境对军事行动有着极其重要的影响与作用。随着人类社会向信息化迅速发展，未来高技术战争中信息对抗的含量将越来越高，特别是高技术条件下的局部战争，由于战争爆发突然，战争进程加快、战机稍纵即逝等特点，对作战指挥的时效性有了更高的要求。指挥决策智能化、作战指挥自动化、武器装备信息化成为未来战争取胜的关键。在这种需求下，

出现了数字化战场，数字化的地理环境信息已成为指挥决策的必要条件之一。因此，作为空间军事信息保障的军事地理信息系统已成为现代化军事斗争的一项重要内容。

军事地理信息系统 MGIS（Military Geographic Information System）是地理信息系统技术在军事方面的应用，是指在计算机软硬件的支持下，对军事地形、资源与环境等空间信息进行采集、存储、检索、分析、显示和输出的技术系统。它在军事地理信息保障和指挥决策中起着重要的作用。

军事地理信息系统和遥感、全球定位系统关系密切，同时和指挥自动化系统 C^3I（Command，指挥；Control，控制；Communication，通信；Information，情报）紧密地联系在一起，形成一个多功能的统一系统。它一般由六个子系统组成：信息收集子系统、信息传递子系统、信息处理子系统、信息显示子系统、决策监控子系统和执行子系统。其中，情报是军事决策的基础；信息收集、处理和显示是系统的核心；通信和控制是信息传输和决策过程的保证；指挥使军事决策具体执行。地理信息系统技术在情报的收集、处理、显示和指挥决策方面发挥着重要的作用。

另外，由军事技术革命引发的数字化战场建设已成为未来战场发展的主流，建设数字化战场和数字化部队已成为 21 世纪军队发展的大趋势，引起了各国的普遍关注。美国著名未来学家托夫勒指出，建设数字化战场是一项比研制原子弹的“曼哈顿工程”更具挑战性的系统工程，“数字化战场是打赢信息战的关键”。战场数字化就其内容来讲，主要是战场地理环境的数字化、作战部队的数字化、各种武器的数字化和士兵装备的数字化。从某种意义上来讲，战场地理环境的数字化是其他数字化的基础，它为作战部队和各种武器装备的数字化提供了必需的战场背景环境和空间定位基础。

军事地理信息系统在海湾战争及以后的战争中发挥了重要的作用，受到了各国军方的普遍重视。世界上大部分国家都建立了用途不同、规模大小不等的军事地理信息系统。报道较多的是美国、俄罗斯、英国、澳大利亚等国的 MGIS。其应用领域包括：

1）基础地理信息 包括地形图、DEM、DTM 等。

2）航海、航空管理 航海图、制定计划航线、障碍物、禁区、助航设施、导航管理、空中交通控制等。

3）地形分析 包括战场模拟、行军路线、应急线路分析、越野机动、涉水分析、通视点分析、距离量测、面积量测、武器打击轨迹分析等。

4）任务规划（战略层次） 包括军事基地规划、军事基础设施管理、打击效果评估、巡

航导弹支持、战区规划、入侵应急规划、目标分折、轨道建模等。

5）战争管理（战术层次） 包括战场监测、战场管理、小战区规划、登陆计划、战术模拟、后勤保障规划、交通规划等。

6）基础作业支持 包括拦截应用、环境应用、军事设施分类规划等。

7）边界控制 包括边界巡逻和交叉分析、毒品禁运、移民控制等。

8）情报 包括反毒品活动、反恐怖主义活动、武器监视与跟踪、情报收集等。

美国国防制图局（DMA，Defense Mapping Agency）是美国军事 GIS 的管理部门，1989 年以来投入大量的人力和物力来开发军事 GIS 系统。例如：

1）数字航海图 数字化海图（Digital Navigation Chart，DNC）和 GPS 结合用于海军的导航，来取代以前使用的 4500 张纸质海图。这些数字地图可以支持广泛的空间分析和地理查询。数字化海图一般包含有 12 个特征数据库：地名注记、水文要素、界限、港口设施、水下地形、航道、航海标志、救援标志、海洋环境、陆地地形地物、航海障碍物、数据的优先级。

2）数字地图 VMAP（Vector smart MAP）数据分两个层次，分别对应于 1：25 万比例尺和 1：5 万比例尺的地形图。该系统包括有 10 个数据层：交通、网络、界限、水文、城市、公用设施、植被、等高线、工业设施。

3）水文资源评估系统 用于水文和测深数据的收集。

实际上，由于军事保密的特殊性，我们对国外许多功能强大的 MGIS 了解得都很少。作为军事情报的一个设施，美国正在建立和完善军事应用的全球空间信息和服务（Global Geospatial Information and Services，GGI&S）系统。其中的数据包含两个层次，国家性的和全球性的，符合 NOTA DIGEST、ISO TC/211 以及 OGIS 标准。

另外，英国国家遥感中心（British National Remote Sensing Center， NRSC）应用法国的 SPOT 图像与 MGIS 结合，模拟敌方的三维地形，对军方飞行员进行模拟训练，取得了较好的效果。

海湾战争的实践证明，利用 MGIS 技术和遥感技术相结合，可为战时提供实时的地理信息保障。美国国防制图局（DMA）在海湾战争的战场上的 MGIS 实时服务，主要包括利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数字影像，及时地为军事决策提供 24 小时的实时服务。对于冲突地区，最基本的地理信息保障是为作战部队提供作战地图。与传统的地图制图技术相比，MGIS 的制图功能无疑是出色的，它既可以提供

数字地图，也可以输出精美的印刷地图，其生产速度比传统的制图方法要快得多，特别是在遥感技术支持下，可实时地获得制图数据。在海湾战争期间，美国国防制图局进入一天 24 小时生产状态，共开发了 12000 套新的地图产品，其中 600 套数字地图，印刷了 100 万幅战地地图，这些地图覆盖科威特、沙特阿拉伯、伊拉克、叙利亚等国和地区，比例尺为 1：5 万不等。由于对这些战地地图的迫切需要，多国部队在这次战争中使用 C130 远程运输机运送军事地图到沙特阿拉伯，优先于药品的运输，仅次于爱国者导弹发射架部件的运输，由此可见，战时的实时地理信息保障是何等重要。

除上述地图产品外，美国国防制图局和工程地形实验室还使用了数字地形高程数据、栅格图形数据、地名字典等。在没有现成地图资料的地区，利用 MGIS 处理 SPOT 和 LANDSAT 影像及机载雷达影像，得到可直接应用的影像地图。因此，MGIS 和 RS 相结合，可较好地完成战时的实时地理信息保障任务。

第二章　GIS 的发展趋势

计算机技术和网络技术的迅速发展，使得 GIS 发生了新的变化。GIS 正朝着一个可运行的、分布式的、开放的、网络化的全球 GIS 方向发展。在未来几十年内，GIS 将向着数据标准化、数据多维化、系统集成化、系统智能化、平台网络化和应用社会化（数字地球）的方向发展。其中三维 GIS、时态 GIS 和网络 GIS 已经成为 GIS 发展的趋势和研究热点。

1)三维 GIS：随着 GIS 技术的发展，二维 GIS 已经无法满足用户的需求，用户需要更为直观、真实的三维 GIS 来作为交互式查询和分析的媒介。三维 GIS 是 GIS 的一个重要发展方向，也是 GIS 研究的热点之一，其研究范围涉及数据库、计算机图形学、虚拟现实等多门科学领域。目前，国内外许多学者对三维 GIS 的三维结构、三维建模以及单一领域的应用提出了许多方法和技术手段。现有的三维 GIS 中，系统功能在三维场景可视化、实时漫游等方面取得了较好的成果，但查询分析功能比较弱。然而恰恰是这一功能在三维 GIS 的实现和应用中具有十分重要的地位，它使三维 GIS 具有辅助决策支持能力。

2)时态 GIS:传统的 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”。它把时间当作一个辅助因素，当被描述的对象随时间变化比较缓慢且变化的历史过程无关紧要时，可以用数据更新的方式来处理时间变化的影响。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，在如下应用中，时间维必须作为与空

间等量的因素加入到 GIS 中来。一是对象随时间变化很快，噪声污染、水质检测、日照变化等，一秒钟得到一个甚至几个数据。二是历史回溯和衍变，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。三是地球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，他们是否能容易地获得在“A 时刻的值或从时间 B 到时间 C 这段时间内的值”。将时间的影响考虑到 GIS 应用中，就产生了时态 GIS 或四维 GIS。

3)网络 GIS:如果说 20 世纪 90 年代是计算机的天下，那么 21 世纪初甚至更长的时间无疑将是网络的世界，也可以说网络改变了我们的世界。网络已不仅仅是一种单纯的技术手段，它已演变成为一种经济方式——网络经济。伴随着 Internet 和 Intranet 的飞速发展，GIS 的平台已经逐步转向了网络，网络 GIS 的好处是不言而喻的，由于地理信息和大量空间数据都是以文字、数字、图形和影像方式表示的，将它们数字化，输入计算机，便可方便、快速和及时地将地理信息传送到需要的地方去，以发挥地理信息在国民经济建设、国防建设中的作用。GIS 工作者则需研制一个万维网上的 GIS 和 GIS 浏览器，使亿万网民可以随时根据需要来查询 GIS。

第三章　地理信息系统工程

1.地理信息系统工程的基本概念

地理信息系统工程是应用 GIS 的原理与方法，针对特定的实际应用目的和要求，统筹设计、优化、建设、评价、维护和应用 GIS 系统的全过程和步骤的统称，也称 GIS 应用工程。

GIS 工程中涉及的因子众多，主要包括硬件、软件、数据、和人。硬件是构成 GIS 系统的物质基础，软件形成 GIS 系统的推动模型，数据是 GIS 系统的血液和灵魂---保持系统运作、效益和价值的介质；人则是活跃在 GIS 工程中的一个十分重要的因子，既是系统的提出者又是系统的设计者和建设者、使用者和维护者。

2.应用型 GIS 的设计步骤和方法

应用型 GIS 的设计主要侧重于：

1）需求分析

2）总体结构描述

3）软硬件配置、包括选择合适的工具型 GIS 软件。

4）数据来源、信息分类、规范、、标准和内容的确定。

5）数据库结构设计

6）应用方法选择和应用模型设计

7）用户界面设计

8）数据标准化和数据质量保证

一般来讲，为了节省资金与减轻劳动强度，应用型 GIS 都建立在一定的工具型 GIS 基础之上。但也有从底层软件设计开始的专业化的应用型 GIS，这样开发对系统设计和编程人员的知识结构和技术水平的要求会比较高，投资强度也会比较大。

GIS 工程建设按时间序列化分为 6 个阶段： GIS 开发计划、GIS 需求分析、 GIS 系统设计、GIS 程序编码、GIS 产品测试及运行维护。对应每个阶段都会形成一定的标准文档，以保证 GIS 开发的成功，并最经济地花费人力物力，便于运行维护。这些文档，作为软件产品的成果之一，集中体现了 GIS 开发建设者的大量脑力劳动成果，是 GIS 不可以缺少的组成部分。

3.GIS 工程的项目管理

GIS 项目管理的范畴很广、从项目的可是立项，到项目的完成和报告，都完全由 GIS 的管理人员掌握。可以说一个 GIS 项目的成败与否完全取决于管理人员管理的好坏。因此，作为一个 GIS 项目管理者，不仅要具备管理方面的能力和对 GIS 专业技术的精通，还要拥有很多专业特质。

项目管理者管理的范畴主要包括以下几个方面：

1）项目的申请与立项

2）项目的经费预算、协商与落实

3）项目从业人员的组成

4）项目技术路线的参与与控制

5）项目人员的表现评价与积极性的调度

6）项目的经费控制与工作进程的协调

7）项目问题的处理

8）项目质量的验收

9）项目最终的收尾与评价。

4.GIS 业务运行管理

一项好的管理措施是 GIS 成功运行的必要保障，GIS 系统价值的最大发挥，离不开 GIS 系统的高效运行管理。一般来讲，GIS 运行系统包括数据管理、操作管理、安全管理等内容。

1）数据管理

数据管理主要包括元数据管理、数据的更新与维护、数据的备份。

2）维护管理

软件维护是一项源自客户需求并服务于客户需求的活动，是一个不断满足客户需求的过程。由于客户的需求是不断变化地的，因此软件的维护是一个长期、持续的过程。软件的维护管理，是软件能否与时俱进地满足客户需求的关键。

3）系统管理

GIS 系统，特别是很多城市 GIS 系统，都是日常的 GIS 运行业务系统，如电信的资源管理系统、数字城管系统，都要确保 24 小时都能正常稳定的运行。系统不应因为硬件、软件的维护和升级而影响安全。系统应具备安全性、保密性、完整性等特点，这也是系统维护的主要目标。系统管理主要包括组织机构管理、运行及维护制度管理、权限管理等。

4）安全管理

GIS 中有大量涉秘数据。这些数据在处理、交换、存储、传输的过程中会受到各种安全威胁。这就需要我们采取有效的防范措施。这就要求我们从系统的物理安全、系统的传输安全、系统的访问安全，计算机病毒的防治等多个方面进行管理。

第五部分 工具型 GIS 软件平台操作

1.知识要点及说明：

本部分主要考核考生对某一种工具型 GIS 软件的基本认识与基本操作技能，考生可以根

据自己的兴趣选择平台学习。学习的重点如下所示，详细知识点可以自主参考各工具型 GIS 平台相应的教材或网络教学资源进行复习，本部分将不再详细阐述。

1）GIS 软件的体系结构及功能特点

2）工具型 GIS 软件的安装、配置、操作规则

3）GIS 属性数据与空间数据的挂接

4）GIS 地图数字化及可视化输出操作

5）图形数据的面积量算，比例尺换算

6）GIS 数据的投影变换操作

7）图象校正与配准操作

8）GIS 空间分析及属性统计的基本操作

9）GIS 中的数字地面模型、空间分析模型的建立（了解）

全国 GIS 应用水平考试教材编写组

2009 年 2 月

主要参考文献

本辅导教材的编写，参考了大量优秀教材，在此我们对各位原著者表示感谢。

1　彭望琭编著,《遥感数据的计算机处理与地理信息系统》, 北京师范大学出版社, 1991

2　朱大权、商铁兰,“农业遥感应用与动向”, 遥感动态, 1990 年第一期

考生在阅读过程中若发现表述不清、别字、遗漏、排版等问题请及时与我们联系，我们将在第一时间更新。

liusi@gisera.com;ncge@gisera.com;

3 高世忠,“遥感技术在减轻自然灾害研究中的作用”,遥感动态,1990 年第一期

4 张志峰、邱兆祥,“近年我国地质工作现状”,遥感技术动态,1990 年第四期

5 赵荣、陈丙咸,“地理信息系统和遥感结合的现状及发展趋势”遥感技术与应用,1991 年 Vol.6 No.3

6 周珂令，刘锟，关延虹编著.Windows XP 中文版实用教程.北京：科学出版社，2002.

7 耿国华主编.计算机基础教程（第二版）.北京：电子工业出版社，2004.

8 《计算机网络基础与应用》 北京大学出版社

9 《数据库系统概论》 高等教育出版社

10《SQL SERVER 2000 学习教程》 北京大学出版社

11《Oracle 9i 数据库培训教程》 清华大学出版社

12 马耀峰、胡文亮等。地图学原理。北京：科学出版社，2004 年 3 月

13 蔡孟裔、毛赞猷等。新编地图学教程。北京：高等教育出版社，2002 年 3 月

14 潘正风等。数字测图原理与方法。武汉大学出版社，2004.8

15 胡鹏，黄杏元，华一新。地理信息系统教程。武汉大学出版社，2002 年 2 月

16 陈正江，汤国安，任晓东。地理信息系统设计与开发。科学出版社，2005 年

17 吴信才等. 地理信息系统原理与方法. 北京：电子工业出版社，2002.

18 吴信才等. 地理信息系统设计与实现. 北京：电子工业出版社，2002.

19 邬伦，刘瑜，张晶等. 地理信息系统—原理、方法和应用，北京：科学出版社，2001.

20 陈述彭、鲁学军、周成虎，地理信息系统导论，北京：科学出版社，1999，

21 吴信才编著,地理信息系统原理与方法（第二版） 电子工业出版社 2008

22李建松、地理信息系统原理、武汉大学出版社，2006

23 汤国安、刘学军等, 地理信息系统教程,高等教育出版社.

24 上海市信息化委员会,城市地理信息系统—原理应用与项目管理,科学出版社 2008

25 张新长等编著,城市地理信息系统,科学出版社

26 张超,地理信息系统应用教程,科学出版社 2007

27 刘明德、林杰斌，地理信息系统 GIS 理论与实务，清华大学出版社

28 吴秀芹 等 ,ArcGIS 9 地理信息系统应用与实践，清华大学出版社

29 边馥苓. GIS 地理信息系统原理和方法. 北京：测绘出版社，1996

附：

《全国 GIS 应用水平考试一级考试大纲》

全国信息化工程师----GIS 应用水平考试大纲

（一级考试大纲）

（2009．8 月修订）

为了更好地指导考生学习，地理信息系统软件及其应用教育部工程研究中心依据该考试的整体指导思路，结合 GIS 学科的特点与具体 GIS 人才需求，汇同有关专家共同制定了全国信息化工程师----GIS 应用水平考试大纲。

第一部分 一级考试大纲概述

一、考试大纲名称

全国信息化工程师---GIS 应用水平考试一级考试大纲。

简称全国 GIS 应用水平一级考试大纲。

二、水平描述

一级水平证书获得者能熟练使用计算机、计算机网络进行日常工作；对 GIS 的基本概念与原理具有较深刻的理解；对 GIS 在各行业中的作用与应用有比较清晰的认识；对 GIS 所涉及到的测绘、遥感、地图学、GPS、信息技术的基本知识有所了解；对常见 GIS 品牌软件的基础知识有一定程度的认识，并能熟练操作某一工具型 GIS 平台软件进行简单的实际工作。

获得一级证书，证明其具备了将 GIS 思维与技术应用到各行业信息化建设中的能力储备和知识结构；具有了在政府、企业、大众化应用领域从事 GIS 数据生产、 GIS 数据的维护与管理，GIS 项目实施、GIS 系统应用、GIS 软件维护等信息化工作的基本能力；

三、考试内容

考试的主要内容为计算机基础知识、GIS 的原理与方法以及 GIS 所涉及到的地图学、测绘、遥感、GPS 等基础知识。同时还会考核 GIS 在信息化建设中的应用实务、常见 GIS 平台软件的基础知识、某一常见工具型 GIS 平台软件的基本操作，以及当年度 GIS 最新的行业知识与新闻。

四、基本考试题型（实际考试中可能出现的题型）

1．名词解释；

2．判断题；

3．选择题（单项选择题、不定项）；

4．填空题；

5．简答题；

6．综合题（案例分析或应用阐述或操作描述）

五、考试方法

1.考试组织

考试采取全国统一组织考试的模式，由工业和信息化部电子人才交流中心、教育部 GIS 软件及其应用工程研究中心汇同各高校考试中心的有关专家统一命题、阅卷。全国各地 GIS 应用水平考试认定考试中心负责本地区具体的考务组织。

2．试卷满分及考试时间

试题满分 150 分，合格线、优秀线会结合命题难度、答题程度等实际情况而定。默认情况下，90 分为合格线、120 为优秀线。考试时间：150 分钟。

3．答题方式

目前采取综合笔试，逐步实现计算机在线答题。

六、其它说明

1．考生可以参考考试大纲的具体描述进行复习。

2．考试大纲中划定了考试的具体考试内容，但为了建设更加科学的技能评价体系，逐步拔高并规范技能考核的水平，实际考试中有可能会有部分题目不在大纲描述之内，但超纲范围会控制在 3%-5%之内。

3．GIS 技术日新月异，GIS 人才的技能需求也在不断地变化。为了适应变化，当年度的考试可能会涉及到 GIS 的一些最新应用。同时为了强化认识，某些关键知识点可能会加大考试分值。

4．考试不仅是为了甄别技能，更重要的是希望能通过考试引导学习，不断提高从业人员技能水平，不断地缩短人才培养与就业需求的差异，并最终促进就业与就业提升。因此，希望考生能以考促学，不要仅仅为了应试而学习。

5．第二部分详细考试大纲中各模块所占的百分比为参考数据，实际考试中有可能存在3%-5%的正负差异。

七、修订说明

1．对“水平描述”、“考试内容”做了修改，进一步明确了考生对 GIS 行业应用思维、GIS 最新行业知识、GIS 工具型软件操作水平的考核，更加突出了考试对 GIS 实际应用能力的考察。（2008.11 月修订）

2、改变了原来大纲中对测绘、地图学、遥感等学科与 GIS 平行要求的考核方式。新的大纲以 GIS 的原理与应用为主线，将遥感、测绘、地图学穿插其中，更加明确了 GIS 应用的主导地位，同时也更有利于考生复习。（2008.11 月修订）

3、新的大纲将著名 GIS 软件企业、GIS 软件产品的基本知识做了考核要求，包括公司简介、产品体系、版本知识以及其工具型平台软件的功能、特点、基本的文件格式、简单操作。希望能通过考试的引导，进一步拓宽考生、尤其是普通在校学生的就业思路及就业渠道。（2009.8 月修订）

第二部分 详细考试大纲

考试范围	考试知识点	掌握程度
计算机基础知识（20%）		
计算机基础知识	1、计算机的基本概念，硬件系统与软件系统的关系；	掌握
	2、微型计算机硬件系统的组成及各部分功能	掌握
	3、系统软件与应用软件的功能与关系	掌握
	4、存储器的基本概念（RAM、ROM、DISK）和特点	掌握
	5、信息的表示和存储（二、八、十、十六进制的表示及转换，位、字节、字、等存储容量单位的表示与转换）	掌握
	6、计算机操作系统的基本工作原理及作用	了解
	7、常见计算机操作系统的类型与特点	了解
	8、Windows 操作系统的版本知识、安装、部署及基本操作	掌握

	9、常见办公软件的操作与使用，（如：MS office 或 wps）	掌握
	10、计算机网络基础知识：组成、功能、分类及常见网络设备	掌握
	11、小规模局域网的组网技术、本地局域网的管理和维护	掌握
	12、常见的网络应用（如：www、ftp、E-mail 等）	熟悉
	13、简单的网络安全知识	了解
	14、数据、数据库、数据库管理系统的概念	掌握
	15、常用的 SQL 语言	熟悉
	16、数据库的并发技术、安全技术、恢复技术	掌握
	17、主流数据库管理系统软件的基本操作	掌握
GIS 原理（40%）		
GIS 的基本知识	1、GIS 的基本概念、定义、研究内容	掌握
	2、GIS 的组成与主要功能	掌握
	3、GIS 的发展过程	了解
	4、GIS 与其他学科或技术的关系（与测绘、地图学、CAD 等）	掌握
	5、GIS 软件的类型及分类	掌握
	6、著名 GIS 软件企业及其品牌的简介、产品体系、版本知识、典型应用、以及最新动态	了解
	7、著名 GIS 工具型软件的体系结构、功能特点、文件类型	了解
	8、GIS 的应用领域	掌握
	9、GIS 产业的发展现状及趋势	了解
	10、最新的 GIS 行业知识及新闻	了解
	11、GIS 的体系结构	掌握
	12、GIS 的软、硬件配备	掌握
	13、GIS 相关的输入、输出、存储设备	掌握
	14、地理信息标准化建设的意义及基本常识	了解
	15、GIS 的教育现状及就业去向	了解
GIS 的地理数学基础	1、地球椭球体的概念	了解
	2、坐标系类型；经度、纬度的概念	掌握

	3、我国的地图坐标系统	掌握
	4、地图比例尺的含义、作用及表示方法	掌握
	5、图幅分幅与编号	掌握
	6、地图投影的概念	掌握
	7、地图投影的变形	了解
	8、我国地形图常用的几种投影	了解
	9、高斯-克吕格直角坐标	了解
	10、投影分带的方法（3 度、6 度分带）	了解
	11、地图投影的判别与选择	掌握
	12、地图投影与 GIS 的关系	掌握
空间数据库及空间数据结构	1、空间数据库的概念、特点	掌握
	2、空间数据库对 DBMS 的要求	掌握
	3、空间数据结构的类型、组成、特点	掌握
	4、数据库与数据库管理系统的概念	掌握
	5、常见的关系数据库与空间数据库及其区别与联系	掌握
	6、海量数据分幅管理的优点	了解
	7、空间信息查询	掌握
	8、GIS 空间数据结构的概念、分类	掌握
	9、GIS 数据中矢量数据、栅格数据的区分	掌握
	10、矢量数据结构、栅格数据结构的优缺点比较	掌握
	11、实际工作中矢量数据结构、栅格数据结构的选择	了解
	12、像元、灰度值、矢量数据、栅格数据的基本概念	掌握
GIS 的空间数据及数据输入	1、GIS 空间数据的内容	掌握
	2、GIS 空间数据的基本特征	掌握
	3、GIS 空间数据测量的尺度与精确度	了解
	4、GIS 数据的来源、分类、特点及基础知识：野外测量数据、地图数据、摄影测量数据遥感影像、航空图片、各类属性数据	掌握

	5、空间数据不同阶段的误差来源、质量控制及评价	掌握
	6、数据的规范化和标准化： 统一的地理基础、统一的分类编辑原则 数据交换格式、数据的标准化趋势	掌握
	7、GIS 空间数据的采集（输入）方法	掌握
	8、GIS 属性数据的采集（输入）方法	掌握
	9、GIS 空间数据与属性数据的挂接	掌握
GIS 的数据处理	1、拓扑、拓扑关系的基本概念及类型	掌握
	2、常见的拓扑关系类型	了解
	3、图形编辑与拓扑生成	掌握
	4、空间数据的误差分析与校正	掌握
	5、空间数据的坐标变换、投影变换	掌握
	6、空间数据的转换（矢量数据、栅格数据的转换）	了解
	7、空间数据管理	掌握
GIS 的数据输出	1、GIS 数据制图与地图学的整合	掌握
	2、地图的基本特性和定义	掌握
	3、地图的构成要素及分类	掌握
	4、地图学的定义及科学分支	掌握
	5、常规制图、机助制图、遥感资料制图	掌握
	6、专题式地图设计	掌握
	7、整合式制图	掌握
	8、地理信息可视化的概念、类型	掌握
	9、地理信息的输出方式及设备	掌握
	10、数字制图方法与流程	掌握
GIS 元数据	1、GIS 元数据概念、作用、重要性	掌握
	2、GIS 元数据系统	掌握
空间分析	1、空间分析的内容与步骤	掌握
	2、GIS 的常见空间分析功能及其应用	掌握

	3、数字地面模型、数字高程模型的概念	掌握
	4、DEM 的建模方法、主要用途、应用	了解
WebGIS	1、计算机网络与 GIS	掌握
	2、WebGIS 的的概念及组合方式	掌握
	3、WebGIS 的只要功能及应用	掌握
	4、WebGIS 的运行技术	掌握
3S 基础知识与整合应用（15%）		
3S 基础知识与整合应用	1、遥感的概念与发展	了解
	2、遥感的基本原理、遥感的分类、特点	掌握
	3、数字影象处理的主要功能	了解
	4、遥感技术的优势、遥感技术的应用	了解
	5、GPS 的概念与发展	了解
	6、GPS 的作用及特点	掌握
	7、GPS 误差校正	了解
	8、GIS 与 RS 的结合应用	掌握
	9、GIS 与 GPS 的结合应用	掌握
	10、3S 技术的整合应用	掌握
	11、3S 结合应用的应用案例	了解
GIS 的行业应用实务（10%）		
GIS 的行业应用实务	GIS 在城市规划与建设管理中的应用与作用	深入了解
	GIS 在交通管理中的应用与作用	了解
	GIS 在国土资源管理中的应用与作用	深入了解
	GIS 在电子政务建设中的作用及应用	深入了解
	GIS 在应急指挥与医疗卫生防疫中的应用与作用	了解
	GIS 的大众化应用与作用	了解
	GIS 在其它各行业及新领域中的应用与作用	了解
	GIS 应用的发展趋势（标准化、商业化、全球化、大众化等）	了解
GIS 工程	GIS 工程的概念	理解

	应用 GIS 的设计步骤与方法	了解
	GIS 工程项目管理	了解
	GIS 业务运行管理	了解
工具型 GIS 平台软件的操作能力（15%）		
工具型 GIS 平台软件的操作能力	GIS 软件的体系结构及功能特点	了解
	工具型 GIS 软件的安装、配置、操作规则	掌握
	GIS 属性数据与空间数据的挂接	掌握
	GIS 地图数字化及可视化输出操作	掌握
	图形数据的面积量算，比例尺换算	掌握
	GIS 数据的投影变换操作	掌握
	图象校正与配准操作	掌握
	GIS 空间分析及属性统计的基本操作	掌握
	GIS 中的数字地面模型、空间分析模型的建立	了解

地理信息系统软件及其应用教育部工程研究中心

二〇〇九年八月