

高等学校规划教材

3S原理与应用

刘祖文 编著

中国建筑工业出版社



高等学校规划教材

3S 原理与应用

刘祖文 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

3S 原理与应用 /刘祖文编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2006

高等学校规划教材

ISBN 7-112-08571-3

I. 3... II. 刘... III. ①遥感技术—高等学校—教材 ②地理信息系统—高等学校—教材 ③全球定位系统 (GPS)—高等学校—教材 IV. ①TP79 ②P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 066475 号

* * *

责任编辑: 陈 桦

责任设计: 赵 力

责任校对: 张景秋 王金珠

高等学校规划教材

3S 原理与应用

刘祖文 编著

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京密云红光制版公司制版

印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17½ 字数: 424 千字

2006 年 7 月第一版 2006 年 7 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 25.00 元

ISBN 7-112-08571-3

(15235)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

GPS (全球定位系统)、RS (遥感) 和 GIS (地理信息系统) 是三种相互独立, 又相互依赖、相互渗透的现代空间信息技术, 简称为 3S 技术。全书共 14 章, 分为四个部分。第 1、2 章为概述与基础部分, 分别概述了 3S 技术, 介绍了时间与空间参考系统、地图投影和大气构造。第 3~6 章为 GPS 部分, 介绍了 GPS 的构成、定位原理、定位方法和 GPS 定位测量。第 7~10 章为 RS 部分, 介绍了遥感基础、遥感数据获取、数字图像处理、图像解译与应用。第 11~14 章为 GIS 部分, 介绍了 GIS 的体系、空间数据表达与获取、空间数据结构、空间查询与空间分析。

本书可作为资源环境与城乡规划管理、资源环境科学、城市规划、土木工程、给水排水工程、道路桥梁与渡河工程、环境工程、交通运输、交通工程、农业资源与环境、工程管理、土地资源管理、城市管理、公共管理等专业的本科生和硕士研究生的技术基础课程教材, 也可作为上述专业的科研人员、工程技术与管理参考。

前 言

GPS (全球定位系统)、RS (遥感) 和 GIS (地理信息系统) 简称为 3S。GPS 利用卫星及其传播的信号, 实现对海陆空运动目标进行导航和对地面固定目标进行精密定位; RS 利用飞机、卫星作为遥感平台, 搭载高分辨率摄影机、TV 摄像机、扫描仪和 CCD 电荷耦合元件、合成孔径雷达等传感器, 实现对地表面及其要素的几何形态进行观测, 对太空、大气层、地表面以及地表层进行物理探测; GIS 利用计算机硬件和软件, 对空间数据进行导入、存储、处理、管理、输出, 并进行各种应用分析。3S 技术的形成与发展, 使得空间信息技术在军事、资源与环境、土地管理、测绘、土建工程、交通运输、城市规划与管理等所有涉及空间信息的领域, 得到了更加广泛的应用。

GPS、RS 和 GIS 是三种既相互独立, 又相互依赖、相互渗透的现代空间信息技术。涉及卫星、电子、计算机硬件与软件等现代科学技术, 同时也涉及大气、物理、数学等复杂的基础科学理论。在测绘类专业中, 通常把 3S 技术分成为三门独立课程进行其理论体系与应用的详细介绍。对于土建类、交通运输类、环境科学类等相关专业, 同样需要全面了解 3S 技术, 但一般不需要研究其深奥的理论与详细逻辑推导。此书侧重于非测绘类专业技术与管理人员的实际应用, 重点介绍 3S 技术基础知识、基本原理和实际应用。

全书共 14 章, 分为四个部分。第 1、2 章为概述与基础部分, 分别概述了 3S 技术, 介绍了时间与空间参考系统、地图投影和大气构造。第 3~6 章为 GPS 部分, 介绍了 GPS 的构成、定位原理、定位方法和 GPS 定位测量。第 7~10 章为 RS 部分,

介绍了遥感基础、遥感数据获取、数字图像处理、图像解译与应用。第 11~14 章为 GIS 部分,介绍了 GIS 的体系、空间数据表达与获取、空间数据结构、空间查询与空间分析。概述与基础部分,也是公共部分,为必修内容,GPS、RS 和 GIS 三部分结构上相互独立,教学时可以选择部分或全部内容。

本书是根据作者多年讲授本科生和硕士研究生的 3S 课程讲义,参考大量文献资料,结合 3S 技术的最新发展与动态后撰写完成。书中既对基础知识和基本理论进行了深入浅出的系统阐述,也尽量避免烦琐、复杂、深奥的理论推导。既考虑了适合非测绘类专业人员学习的难度,也注意了解决实际问题所必须的深度。

在教学过程中,除了本书内容外,还应有一定的辅助实验,用以加强对 3S 技术理论与应用的理解。

本书可作为资源环境与城乡规划管理、资源环境科学、城市规划、土木工程、给水排水工程、道路桥梁与渡河工程、环境工程、交通运输、交通工程、农业资源与环境、工程管理、土地资源管理、城市管理、公共管理等专业的本科生和硕士研究生的技术基础课程教材,也可作为上述专业的科研人员、工程技术与管理 人员参考。

书中若干插图和个别实例数据,得到了刘欣、田高、叶飞、徐国方、朱昆、刘录、刘一鸣等提供的帮助,出版社陈桦编辑为此书的出版花费了许多心血,借此一并致谢!对于书中的编写错误,谨请读者指正。

华中科技大学 刘祖文

2006 年 6 月 9 日

目 录

1	3S 概述	1
1.1	卫星导航定位系统概述	1
1.2	遥感概述	3
1.3	地理信息系统概述	5
1.4	3S 集成与数字地球	9
2	空间信息技术基础	11
2.1	地球形态	11
2.2	空间与时间参考系统	12
2.3	空间直角坐标系转换	22
2.4	地图投影	25
2.5	大气构造	30
3	GPS 的构成	34
3.1	GPS 构成	34
3.2	测距码	37
3.3	导航电文	42
3.4	GPS 信号	46
3.5	GPS 接收机	48
4	定位原理	53
4.1	定位基本原理	53
4.2	卫星运动	54
4.3	卫星空间位置计算	59
4.4	测码伪距观测	63
4.5	测相伪距观测	66
4.6	GPS 定位误差	70
5	定位方法	76
5.1	单点定位	77

5.2	静态相对定位	82
5.3	差分定位	90
5.4	整周未知数确定方法与周跳分析	97
6	GPS 定位测量	101
6.1	GPS 测量技术基础	101
6.2	GPS 测量技术设计	107
6.3	GPS 测量实施	110
6.4	GPS 测量数据处理	116
7	遥感基础	123
7.1	电磁波与电磁波谱	123
7.2	物体电磁波发射辐射	126
7.3	地物电磁波反射辐射	130
7.4	大气对电磁波传播的影响	135
8	遥感数据获取	140
8.1	遥感数据	140
8.2	遥感传感器	143
8.3	遥感成像	145
8.4	遥感平台	150
8.5	主要陆地卫星遥感系列	154
8.6	微波遥感简介	160
9	遥感数字图像处理	166
9.1	遥感数字图像处理系统	166
9.2	图像辐射校正	169
9.3	图像几何校正	173
9.4	数字图像增强处理	183
10	遥感图像解译与应用	189

10.1	遥感图像目视解译	189
10.2	遥感数字图像计算机分类	194
10.3	遥感调查	201
10.4	遥感应用	205
11	地理信息系统体系	209
11.1	GIS 硬件.....	209
11.2	GIS 软件.....	212
11.3	GIS 基础软件的子系统.....	215
12	空间数据表达与获取	219
12.1	空间实体与空间问题	219
12.2	空间数据类型	222
12.3	空间数据获取	226
13	空间数据结构	234
13.1	栅格数据结构	234
13.2	矢量数据结构	240
13.3	栅格与矢量数据比较与转换	245
13.4	空间数据分层组织	246
13.5	空间数据管理	248
14	空间查询与空间分析	252
14.1	空间查询	252
14.2	叠置分析	255
14.3	缓冲区分析	259
14.4	网络分析	262
14.5	三维分析	265
	主要参考文献	270

1 3S 概述

全球定位系统：Global Positioning System，简称 GPS。

遥感：Remote Sensing，简称 RS。

地理信息系统：Geography Information System，简称 GIS。

现代空间信息技术中，GPS、RS、GIS 既各有不同的应用，同时又密不可分，相互融合，因此，通常把 GPS、RS、GIS 合称为 3S。

1.1 卫星导航定位系统概述

1.1.1 全球定位系统——GPS

由美国建立，在全球范围内进行导航与定位的系统，称为全球定位系统，简称为 GPS。

GPS 由地面监控系统、空间卫星和用户设备三部分组成。地面监控系统由 1 个主控站、5 个监测站和 3 个注入站构成，分别负责控制、监测和向卫星注入信息的任务；空间卫星由分布在 6 根轨道上的 24 颗工作卫星和若干颗备用卫星组成，其主要任务是接收地面发送的监控、导航等有关信息，提供高精度的时间标准，向用户发送导航定位信号；用户设备包括安装在海、陆、空运动目标上进行导航，或直接用于地面勘测定位的 GPS 接收机，主要实现目标的导航、定位、测时与测速等。

利用 GPS，在地理空间参考系中，根据卫星的已知瞬时位置与卫星至目标的测量距离，即可计算确定被测目标的空间位置。其中，被测目标可以是陆地或海上目标，也可以是空中目标；可以是固定目标，也可以是运动目标。

GPS 于 1973 年 12 月开始由美国国防部批准其海、陆、空三军联合研制，历经方案论证设计（1974～1978 年）、研制试验（1979～1987 年）和生产实验（1988～1994 年）三个阶段，历时 20 年，耗资约 200 亿美元，于 1994 年全面建成，并正式投入使用。

目前，GPS 已经具备在海、陆、空进行全方位、全天候、实时三维导航与定位能力，同时可以测时、测速。其动态精度可达米级至分米级，静态相对定位精度可达厘米甚至毫米级，测时精度可达毫秒级，测速精度可达分米至厘米级。

美国建立的 GPS，实现了海、陆、空的侦察机、轰炸机、军舰、坦克的导航和导弹制导等军事目的。现在的发展，GPS 已广泛应用于国民经济许多领域，乃至人们的日常生活。海上船舶、民航飞行、陆地车辆、交通运输、旅行探险的导航，公路与铁路勘察、石油与地质勘探、地形与工程测量、地震与灾害监测、大陆板块运动、环境监测等定位，都在使用 GPS。随着 GPS 接收机成本的降

低，人们的日常生活将越来越离不开 GPS。

GPS 目前的工作卫星为第二代卫星，使用 P 码（军用保密码）、C/A 码（民用非保密码）两种测距码和 L1、L2 两种载波，其中 L1 上调制 P 码和 C/A 码，L2 上调制 P 码。在现有技术与应用基础上，美国时任副总统戈尔 1999 年 1 月 25 日提出了 GPS 现代化计划。这一计划包括：斥资 40 亿美元，在 L2 上增加 C/A 码，增加第三民用载波 L5，增加军队专用码 M1、M2，研制、发射第三代 GPS 卫星。保护美国军方及友方使用，阻止美国敌方使用并进行干扰，保持有威胁地区以外的民用用户更精确、安全地使用。

1.1.2 其他卫星导航定位系统

利用卫星导航与定位的系统，除了美国的全球定位系统外，还有俄罗斯的全球导航卫星系统、中国的北斗导航系统和欧盟正在启动的伽利略系统。

(1) 格魯納斯——GLONASS

俄罗斯的全球导航卫星系统，其英文名称为 Global Orbiting Navigation Satellite System，简称为 GLONASS 或格魯納斯，亦为全球导航与定位的系统。该系统的空间卫星部分与美国的 GPS 原理基本相同，由 24 颗卫星组成，分布在 3 个轨道平面上，每个轨道平面有 8 颗卫星。卫星的分布使得在全球的任何地方、任何时间都可观测到 4 颗以上的卫星，由此获得高精度的三维定位数据。

GLONASS 于 1999 年达到比较完善的阶段。由于经济的原因，系统中设计寿命为三年的已经到期的卫星没能适时获得替补，使现有卫星网中能够正常工作的卫星数量不能达到导航定位的要求。俄罗斯正在寻求国际经济合作，希望尽快恢复 GLONASS。

(2) 北斗导航系统——BDNS

我国的北斗导航系统，英文名称为 Beidou Navigation System，简称为 BDNS。该系统为局域导航定位系统，是世界上除美、俄外第三个建成的卫星导航定位系统，可全天候、全天时服务于我国及周边地区，定位精度预计可达数十米。系统空间卫星部分由 2000 年 10 月 31 日、12 月 21 日和 2003 年 5 月 25 日分别发射的三颗“北斗一号”导航定位卫星组成，其中，两颗为工作卫星，一颗为备用卫星。我国目前正在研究第二代导航定位卫星，有望 5~10 年后，成为卫星导航定位强国。

北斗导航系统通过测定两颗卫星与用户接收机之间的距离，由配有数字高程的地面中心站进行解算来获取用户接收机的空间位置。定位基于三球交会原理，即以两颗卫星的已知坐标为圆心，以测定的各星至用户接收机距离为半径，形成两个球面，用户机必然位于这两个球面交线的圆弧上。中心站根据数字高程提供的近似于球面的地表曲面，求解圆弧线与地球表面交点，结合我国目标在赤道平面北侧，即可获得用户的三维位置，其中高程由数字高程模型确定。定位需由具有通信能力的用户终端向中心站发出请求，中心站根据测定的卫星至测站的距离进行位置解算后，将定位信息发送给请求定位的用户。

(3) 伽利略系统——GNS

欧盟正在启动的伽利略系统，英文名称为 Galileo Navigation System，简称

GNS。该系统为全球导航定位系统，空间部分由 30 颗卫星组成，拟定于 2008 年投入使用，属于纯民用系统，我国为该系统的合作成员国家。

随着科技发展和一些国家经济实力增强，出于经济、战略和政治等因素，将会有更多的国家建立自己的导航定位系统。

1.1.3 卫星导航定位系统应用

卫星导航与定位系统有着非常广泛的应用，包括各类运动目标的导航、各种固定目标的精确定位以及对大气的探测等。

在军事领域，从 1990 年的海湾战争开始，随后的科索沃战争、阿富汗战争和最近的伊拉克战争等重大国际军事行动，都以 GPS 为技术支撑。GPS 在航空母舰、军事飞机、坦克等的运动、导弹的精确制导与命中目标中等，都发挥了关键作用。

在民用方面，各种船只的海上航行和飞机起飞、飞行、着陆的导航，车辆行驶的瞬时位置定位，各种工程勘察、勘界、工程建设的精确定位，地震、滑坡、建筑物与构筑物的变形监测等，都已越来越离不开卫星导航定位系统。

大气成分、大气环境及其变化的监测与探测等，也在通过卫星定位技术进行相关的科学研究。

人们的旅行、探险、车辆出行、各种突发事件的定位等日常生活，也越来越多地需要卫星导航与定位技术。

1.2 遥感概述

1.2.1 遥感 (RS) 概念

地面物体具有反射和发射电磁波的特性。由于物体种类不同，同种物体所处环境不同，以及物体自身的变化等因素，其反射、发射的电磁波信息不同。例如，水稻与混凝土路面是不同的物体，水稻在早晨、中午和晚上受到的光照度不同，水稻在禾苗期与成熟期的颜色不同，这些不同都将使反射信息不同。

蝙蝠没有眼睛，能够依靠耳朵接收所发射声波的反射波来识别和判断至物体的距离与方位；人们能够用肉眼在有限范围内直接区分不同的物体及其变化，是由于人眼接收到的物体发射、反射的可见光波段内的电磁波信息不同。

所谓遥感，根据其英文 Remote Sensing，可以简单理解为遥远的感知，或者理解为在不直接接触物体的情况下，对目标与自然现象进行感知或远距离探测的技术。在遥感学中，收集目标物电磁波信息的设备，称为传感器，如航空摄影中的摄影仪等。搭载传感器的载体，称为遥感平台，如飞机、人造卫星等。一般来讲，人们把不接触物体本身，用遥感平台上搭载的传感器收集目标物的电磁波信息，经处理、分析后，识别目标物，揭示其几何与物理性质、相互关系及其变化规律的科学技术，称为遥感。

1.2.2 遥感的形成与发展

1608 年，荷兰米德尔堡一位不出名的眼镜师汉斯·李波尔赛收拾摔破的眼镜镜片时，在叠置的镜片具有放大作用的启发下，制造了世界上第一架望远镜；1609 年，伽利略 (Galileo) 制造了放大三倍的望远镜，使得人类可以远距离观测目标；

1839年,达尔盖(Daguarre)发明摄影技术,人类从此可以把自然界的可见光信息记录在感光材料上;1903年,莱特兄弟(Wilbour Wright & Orvilke Wright)发明飞机;1957年,前苏联发射人造卫星,人类可以从太空大范围对地观测。望远镜、感光胶片、飞行器的问世,为遥感学科的形成,奠定了科学基础。

遥感始于1608年,分为四个阶段。第一阶段,1608~1838年,望远镜问世,属于无记录的望远镜地面观测阶段;第二阶段,1839~1857年,感光胶片问世,利用感光胶片记录的地面摄影阶段;第三阶段,1858~1956年,飞机问世,利用飞机拍摄并记录的空中摄影阶段;第四阶段,人造卫星1957年问世至今,利用卫星的太空对地观测阶段。现代意义的遥感,主要指卫星对地观测的遥感技术。

1960年,美国学者艾弗林·普鲁伊特(Evelyn.L.Pruitt)首次把以摄影和非摄影方式获得被探测目标的图像或数据的技术与方法称为遥感。1961年,密歇根大学(University of Michigan)的威罗·兰(Willow.Run)在美国国家科学院等部门的资助下,召开了“环境遥感国际讨论会”,正式使用遥感这一术语,此后四十多年来,遥感逐渐形成了一个新兴的独立学科,并得到了迅速发展。

1.2.3 遥感类型与特点

(1) 遥感类型

遥感类型可以根据遥感平台、探测波段、工作方式和应用领域等分别进行划分。

根据传感器放置的平台,遥感分为地面遥感、航空遥感、航天遥感和航宇遥感。地面遥感的平台可以是车、船、活动或固定架台等;航空遥感、航天遥感和航宇遥感的遥感平台分别是气球或低空飞机、航天飞机或人造卫星、宇宙飞船等。

目前传感器探测的主要波段分别是紫外、可见光、红外和微波波段,对应的遥感分为紫外遥感、可见光遥感、红外遥感和微波遥感等。当传感器探测的波段范围细分为更窄的波段时,称为多波段遥感。

遥感探测的电磁波来源于探测器发射和地物的反射或发射。由探测器发射电磁波能量到地物,并接收地物后向散射信号的遥感,称为主动遥感;探测器仅被动接收地物反射太阳电磁波信号或地物发射的热辐射信号的遥感,称为被动遥感。

遥感应用领域日益广泛,按照大的领域划分为外层空间遥感、大气遥感、陆地遥感和海洋遥感。在实际应用领域,具体包括资源遥感、城市遥感、农业遥感、林业遥感、渔业遥感、军事遥感、环境遥感、地质遥感、气象遥感、工程遥感、灾害遥感等。

本书将重点探讨以航天卫星为遥感平台,探测波段为可见光,以地物反射太阳光电磁波信号为基础的资源、城市、环境等应用领域的遥感技术。

(2) 遥感特点

遥感探测的空间主要是地球表面,包括陆地与海洋,也可以是地表层(地下靠近地表面部分)空间、大气层空间和太空等。

遥感信息在可见光波段内的探测成果直观、真实、准确,除了能够获得地物外形轮廓外,其基本特点是可以获得常规地面勘测方法不能表达的地物色度信息、纹理特征和运动目标的信息以及不易表达的植被类详细分布信息等。如受到污染

的水体色调、大气烟尘、路面车流量、树木的大小与分布、房屋的建筑风格、岩石纹理等。

利用航天遥感技术，可以同步观测地表面大范围区域，特别是对于洪涝、干旱、森林火灾、海啸等瞬时变化的灾害探测、监测以及受灾的区域分布、灾害面积及其损失评估等，具有常规方法无法比拟的优势。

(3) 遥感技术水平

遥感技术水平常用空间分辨率、波谱分辨率、温度分辨率和时间分辨率等表示。当前的空间分辨率有 $30\text{m} \times 30\text{m}$ 、 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 、 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 、 $2.5\text{m} \times 2.5\text{m}$ 等，最高可以达到 1m 和 0.61m ；波谱分辨率有 4 个波段、7 个波段等，高光谱可达几十个到几百个波段，波段宽度可以小到 $5 \sim 10\text{nm}$ ；对地物热辐射温度的分辨率可以达到 0.5K ，预计不久将可达到 0.1K ；地球同步和太阳同步气象卫星的时间分辨率分别为 1 次 0.5 小时和 1 次 0.5 天；陆地资源卫星的重访周期为 1 次 16 天。

遥感技术不仅可以获得平面影像，也可以拍摄立体像对生成立体图形。

1.2.4 遥感应用

遥感应用在第 1.2.3 节“遥感类型”中已简要叙述，这里只列出最常规的一些应用，对于不同应用领域，将有不同的具体应用。

遥感常规应用包括传统地形图、电子地图的各种应用功能和遥感影像数据的一些特有应用。可直接在遥感影像上识别居民地、建筑物、交通网络、水系、地貌、土质和植被等，也可自动对各种类别地物进行分类处理。

在已进行过处理的遥感影像上，可以直接量测地物影像点的平面坐标、两点之间的水平距离和指定范围的面积。特别是进行计算机分类后，求同类地物面积尤为方便。

利用立体像对建立数字高程模型后，可以直接量测地面点的高程、两点之间的倾斜距离和三维立体要素计算，如根据设计道路面的高程位置计算工程的土石方量等。

利用遥感影像，可以对土地、森林、草原、水等各种天然资源进行调查，特别是大范围的同步调查。

遥感能够监测的灾害主要是影响较大的水灾、火灾、山体滑坡等大范围瞬时变化莫测的灾害。如 1998 年波及全国几大流域的特大洪水，可以借助遥感同步整体观测资料，计算洪水淹没区域的面积。

1.3 地理信息系统概述

1.3.1 地理信息系统概念

人们的日常生活、工作和社会活动，总会接触各种各样的信息。如何有效获取、处理、管理和使用信息，需要建立相关的信息系统。

(1) 数据与信息

在今天的信息社会里，人们会频繁地涉及数据 (Data) 与信息 (Information) 两个术语，可以说，数据无处不在，信息无处不有。数据是指对客观事物进行定

性、定量描述的值,包括数字、文字、符号、图形、影像、语音等形式。信息是近代科学的一个术语,关于信息有各种各样的定义。一般认为,信息是有关客观世界的一切真知,它向人们提供关于现实世界各种事实的知识,普遍存在于自然界、人类社会和思维领域,具有客观性、适用性、可传输性和共享性等特征。信息能够描述客观事物和现象,作为人们决策和判断的依据,对决策或行为具有现实或潜在价值。在某些领域,信息亦称消息。

数据与信息密切相关,数据本身没有意义,数据只有经过解译后才具有意义,才能成为信息。如 182012112819980726 是一个数字形式的数据,对该数据的数字符号依次进行解译后便可得到信息,即编号 1820 的职工,男(1、0 分别代表男、女性别),中级职称(1、2、3 分别代表初、中、高级职称),1128 元工资,1998 年 7 月 26 日参加工作。数据与信息的关系,是载体与荷载的关系。数据是载体,信息是荷载,相同的载体上可以装载不同的荷载。1 和 0 是两个数字形式的数据,在表示人的性别时,代表男和女;表示电路状态时,代表开和关。对于一组曲线,气象学家理解为气压线,测绘学家理解为等高线。同样的数据,不同的专业、不同水平的人员,其理解信息的多少和获取信息的程度并不相同。

在计算科学和空间信息科学领域,数据与信息不可分离。信息来源于数据,又通过数据进行表达。在不引起混淆的情况下,人们往往对数据与信息两个术语不加严格区别地进行使用。

(2) 地理信息与地图

地理信息指的是一切与地理空间位置有关的信息,是有关地理实体的性质、特征和运动状态的一切有用的知识及其表征,包含空间位置信息、空间关系信息、时间信息和属性信息等。如地面实体的大地经纬度或平面直角坐标等为空间位置信息,市区与郊区的相邻关系、海洋与海岛的包含关系等为空间关系信息;房屋的建造时间提供地物的时间信息,而房屋的业主、材料、结构等都属于属性信息,属性描述地理实体的定性或定量指标。据不完全统计,有 80% 的信息与地理空间位置有关。

地图是按照一定的数学法则,运用符号系统和地图制图综合原则,表示地面上各种自然现象和社会经济现象的图。它是人们非常熟悉的地理信息载体和地理语言。地图以图像方式提供地理实体的空间信息、时间信息、空间关系信息和属性信息等地理信息,人们可以通过地图获得某一时刻地理实体或空间现象的地理坐标等空间位置信息;计算或直接获得地理实体的长度、面积、高度、体积、建筑物的类型、公路的路面材料、河水的流向等属性信息;亦可获得地理实体或空间现象间的邻近性、包含性、叠置性、从属关系以及经济、交通方面的联系等空间关系信息。

地图能够表达各种地理信息,但它本身不能处理、管理地理信息,也不能自动查询、分析地理信息。

(3) 地理信息系统

地理信息系统(Geographic Information System)是 20 世纪 60 年代迅速发展起来的一门新型技术与科学,在与地理和空间问题相关的各个领域得到了普遍应用。

不同应用目的,对地理信息系统有不同的定义。一般认为,地理信息系统指的是为特定应用目标建立的空间信息系统,是在计算机硬件、软件及网络支持下,对地理数据进行采集、存储、处理、查询、分析、表达、更新和提供应用的计算机信息系统。

1.3.2 GIS的发展与类型

(1) GIS的发展

1) GIS产生的背景

人口、土地、工业、农业、矿产等的普查、详查和统计,海洋、陆地和大气等的监测,陆地测量、航空摄影测量特别是近二十多年的航天遥感等资料,给社会提供了丰富的信息资源。这些信息不断地积累,造成地理信息的膨胀,促成了处理海量地理信息的GIS的产生与发展。

城镇规划与设计、区域规划与发展、环境保护、土地评价与资源利用、人口控制、健康状况和疾病的地理分布的研究与预测等,在使用地理信息方面,以模拟数据形式、手工操作查询为代表的传统方式,已远远不能满足现代科学规划、决策的要求,需要地理信息为数字方式,能定量分析、实时更新、自动化和智能化。

1946年世界上诞生的第一台计算机,主要目的是科学计算。随后发展到处理文字、图形、图像、语言等。近些年来,计算机科学发展迅猛,存储设备的容量、微机运算器的主频速度、各种用途的平台和应用软件不断提高与更新,GIS随计算机的发展而发展。

地理信息系统是地理信息膨胀、社会普遍需求和计算机科学飞速发展的必然产物。

2) 国际发展概况

地理信息系统产生于20世纪60年代,在距今四十多年的时间里,得到了飞速发展。

1956年,奥地利利用计算机建立了非GIS地籍属性数据库,属于GIS的萌芽期;1962年,加拿大测量学家Roger.Tomlinson首先提出了地理信息系统这一术语,并建立了世界上第一个GIS——加拿大地理信息系统(CGIS);到20世纪70年代,全世界有300多个系统投入使用,政府部门、商业公司和大学普遍重视;1989年,市场上有报价的软件达70多个,涌现出了一些有代表意义的GIS软件,如ARC/INFO、GENAMAP、MapInfo等;1995年,市场上有报价的软件达1000多个,大中城市开始建立地理信息系统,并已形成了GIS产业。

3) 国内发展概况

我国的地理信息系统的产生晚于西方发达国家,但在国家的高度重视和科学家们的共同努力下,其发展速度迅猛。

20世纪70年代,电子计算机在测量、制图和遥感中开始应用,1977年诞生第一张由计算机输出的全要素地图;1978年,国家计委在黄山召开全国第一届数据库学术讨论会;随后开展专题与典型试验,建立了中国人口信息系统、1:100万国土基础信息系统和全国土地信息系统等;1988年,武汉测绘科技大学开办地理信

息工程专业；到 20 世纪 90 年代初，上海、北京、深圳、海口、沙市等城市开始建立城市地理信息系统（UGIS），随后，各直辖市、省会城市、沿海开放和部分经济发达城市建成或开始建立 UGIS，各种应用部门开始建立专业性的地理信息系统；国产 GIS 基础平台软件伴随国内 GIS 应用开始研究和应用，现在比较成熟的基础软件有中国地质大学研制的 MAPGIS、武汉大学研制的 Geostar 等。

（2）GIS 的类型

1) 专题性 GIS

以特定专题、任务或现象为主要内容所建立的地理信息系统。系统具有明显的专业特点，数据项选择和操作功能设计均为特定目的服务，如森林动态监测信息系统、矿产资源信息系统、城市管网信息系统等。

2) 区域性 GIS

以自然区、行政区或任意区等区域的若干指定目标、任务或现象为主要内容所建立的地理信息系统。系统数据项选择和操作功能设计主要考虑为区域研究、管理和规划提供信息，具有数据项较多、功能较齐全、开放性较强等特点。如国家、省或地区、市或县等行政区域信息系统，自然分区或以流域为单位的区域信息系统等。

3) 综合性 GIS

在一定范围内，依据国家统一标准，包含有该范围的各种基础信息、自然和社会经济要素的地理信息系统。系统数据项选择和操作功能设计要考虑政府、部门决策、规划和管理需要，考虑专业设计部门需要，还要顾及公众和人民生活需要。具有数据项多、功能齐全、开放性强等特点。行政区基础地理信息系统，如广东省基础地理信息系统；大、中、小城市、城镇信息系统，上海、深圳城市地理信息系统。

1.3.3 GIS 的应用

GIS 应用十分广泛，涉及与地理信息相关的各个领域。下面仅列举若干有代表性的地理信息系统。

政府基础地理信息系统，通过收集、管理各类基础信息，为政府决策提供科学依据。如国务院及各省 9202 工程、政府办公自动化系统、国家重大工程投资的可行性研究系统等。

企业主要考虑产品销售的顾客分布区域、销售网络系统，用于确定企业的发展对策。

城市地理信息系统涉及范围广，技术复杂。如城市规划管理信息系统、市政管网管理系统、基于 GIS 的土地评价系统、110 报警与公安消防管理系统、城市基础设施管理系统、电力、供水的设施与资源调配系统等。

环境保护与资源利用的地理信息系统有水域污染及污染源分布信息系统、矿产资源储量与分布信息系统、水资源信息系统、土地资源的利用与开发信息系统、森林资源储量与分布信息系统、大气环境监测信息系统、农作物品种及其分布信息系统等。