



同济大学第二附属中学

No.2 Secondary School affiliated to Tongji University



同济二附中理工特色校本教材丛书

3S技术应用

丛书主编 刘友霞

陆旻丰 编



上海人民出版社



同济大学第二附属中学

No.2 Secondary School affiliated to Tongji University

同济二附中理工特色校本教材丛书

3S技术应用

丛书主编 刘友霞

陆旻丰 编

图书在版编目(CIP)数据

3S 技术应用/陆旻丰编. —上海: 上海人民出版社, 2016

(同济二附中理工特色校本教材丛书/刘友霞主编)

ISBN 978-7-208-13583-3

I. ①3… II. ①陆… III. ①遥感技术-中学-教材
②地理信息系统-中学-教材 ③全球定位系统-中学-教材 IV. ①G634.931

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 012146 号

责任编辑 鲍 静

封面设计 汪 昊

• 同济二附中理工特色校本教材丛书 •

刘友霞 主编

3S 技术应用

陆旻丰 编

世纪出版集团

上海人民出版社出版

(200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co)

世纪出版集团发行中心发行 上海商务联西印刷有限公司印刷

开本 890×1240 1/16 印张 6 字数 106,000

2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-208-13583-3/G · 1772

定价 12.00 元

同济二附中理工特色校本教材丛书

主 编：刘友霞

顾 问：廖宗廷 王 群

分册编写：陆旻丰

编 委 会：金文娟 陆 杰 刘 洁

吴振华 李松浦

钱 君 沈红霞 方 艳

陆旻丰 薛苗苗

序

随着科技不断进步，当下的大数据挖掘、中国智（制）造、互联网+等正在改变着我们每一个人的生活和学习方式。

本教材所论述的3S是指遥感（Remote Sensing，简称RS）、全球定位系统（Global Positioning System，简称GPS）和地理信息系统（Geographic Information System，简称GIS）。

3S均以地球为核心，RS主要借助不同波长的电磁波以地球地表作为对象，对地物的波谱特性以点到面方式进行记录然后研究；GPS则更以虚拟的地球质心为原点，从而建立起严密的坐标系统及时间系统，通过对两者严格的协调建立起堪称完美的GPS体系；GIS则以地球特定事物和事件进行抽象，通过图形数据结构和属性数据库关联在计算机中建立严密而简洁的模型，借助GIS空间分析展示令人着迷的应用功能。3S和前述的大数据挖掘、中国智（制）造及互联网+实际上已经相互渗透和交融，通过花样繁多的设备特别是移动设备（如手机App）使世界变得智能便捷，而这些都归功于人类的智慧和不断创新。

我们很幸运面临着这么一个创新时代，是机遇但同时也是全新的挑战，由此带来一种跃跃欲试的兴奋。我们可以用自己智慧为人类作出贡献，特别是年轻人。但光有年轻的资本是远远不够的，踏实的学习、开拓性的思维和灵活的动手实践才是必备的素质，否则在这样的机遇和挑战面前只能空谈。显然，同济大学第二附属中学已经在这方面走在前面，可以欣慰地看到一些成果，如已经建成的3S实验室，还有就是这本与学生兴趣十分匹配的3S教材。

3S涉及地理、地质、信息技术、数学、物理、化学、生物等学科。《3S技术应用》则是一本把学生兴趣初步转化为自己成果或杰作的教材，以此萌发进一步学习和探索的动力。通过RS教学，学生可以了解遥感图像的获取、预处理及几何校正，并且借助遥感专业软件尝试进行图像增强及简单的智能解译。通过GPS教学，学生可以了解基于卫星和接收机之间的后方交会球面方程的GPS定位原理，而这些方程组合并线性化后可以用中学所学到的方法求解；GIS教学中，学生可以自己动手从遥感图像中提取GIS矢量数据，结合GPS校正图形建立图形和对应属性的GIS数据库，随后进行基本空间分析实践。

“千里之行，始于足下。”这样的兴趣教学必定会触发学生的兴趣点和创新思维。这样一粒小小种子一定会在后续的大学及研究生学习及科研中生根发芽。3S发展至今，其本身也有许多前沿问题。例如，遥感科学中的图像智能解译、定量遥感及反演、遥感尺度及海量数据的小波压缩；GPS理论中的整周模糊度求解、大气模型研究等。前沿问题的研究还促进了北斗定位系统的发展和完善，北斗的进展在某些方面已经不输GPS；三维可视化、三维及四维（加时间维）图形数据结构等则是GPS的重要前沿问题。3S更是一个体系，三者密不可分，任何一个前沿问题的突破必然触动3S体系中的任何一根神经，这样的触动是令人兴奋的。

综上所述，这本教材不仅是一本学习3S基本理论和技术的启蒙书籍，而且是一种培养兴趣、鼓励创新和增强动手的手段和有效工具，从而把理工知识和理工思维融合一体，为人才的孵育提供一个别拘一格但又脚踏实地的创新平台。

同济大学海洋与地球科学学院 陈华根

2015年11月于上海

前言

手机中有定位功能，有百度地图，也许还有基于位置的服务……它们就是 3S 技术。3S 是 GPS（全球定位系统）、GIS（地理信息系统）、RS（遥感）及其集成技术的总称。近年来，3S 技术被广泛运用于城市规划建设、自然资源调查、环境状况评估等诸多领域。

3S 似乎很遥远，其实离我们的生活很近。例如，寻找一家饭店，上网输入饭店的名称，然后在地图中找到它的位置；寻找最短路线，用导航软件进行定向。所有这些活动都用到了 3S 技术——以 RS、GIS、GPS 为基础，将 RS、GIS、GPS 三种独立技术中的有关部分有机集成起来，构成一个强大的技术体系。在这门课上，我们将一起走进并使用它。

3S 的应用范围很广，它能结合地理、信息技术、数学、物理、化学、生物等多门学科共同研究趣味问题。3S 的内容有些难度，本书主要介绍 3S 的基本概念和原理，以及如何运用它来采集数据，并对数据进行初步分析。

科学发展到今天，让数据说话已成为问题是否具有科学性的代名词，而只有采集到合理的数据，才能体现结果的科学性。使用 3S 技术采集数据，能够实现大面积、短时间、经济性、大批量的采集效果，同时，还可以批量采集网络资源，从而使数据具有典型性、综合性、可比性以及可挖掘性。

本书注重理论与实践相结合，是一本为当代中学生学习与了解 3S 技术的基本概念、原理、应用而精心编撰的校本教材，也是培养中学生问题意识、创新能力的有效工具。本书历经三轮修改，在编写过程中得到学校各级领导和同事的大力支持，同济大学海洋与地球科学学院陈华根教授提了专业的指导意见，并于百忙之中欣然为本书作序，在此一致表示衷心的感谢。

3S 技术仍处于迅速发展阶段，且作者水平有限，如有不足之处，敬请各位专家与广大读者批评指正。

同济大学第二附属中学 陆旻丰

2015 年 11 月于上海

目 录

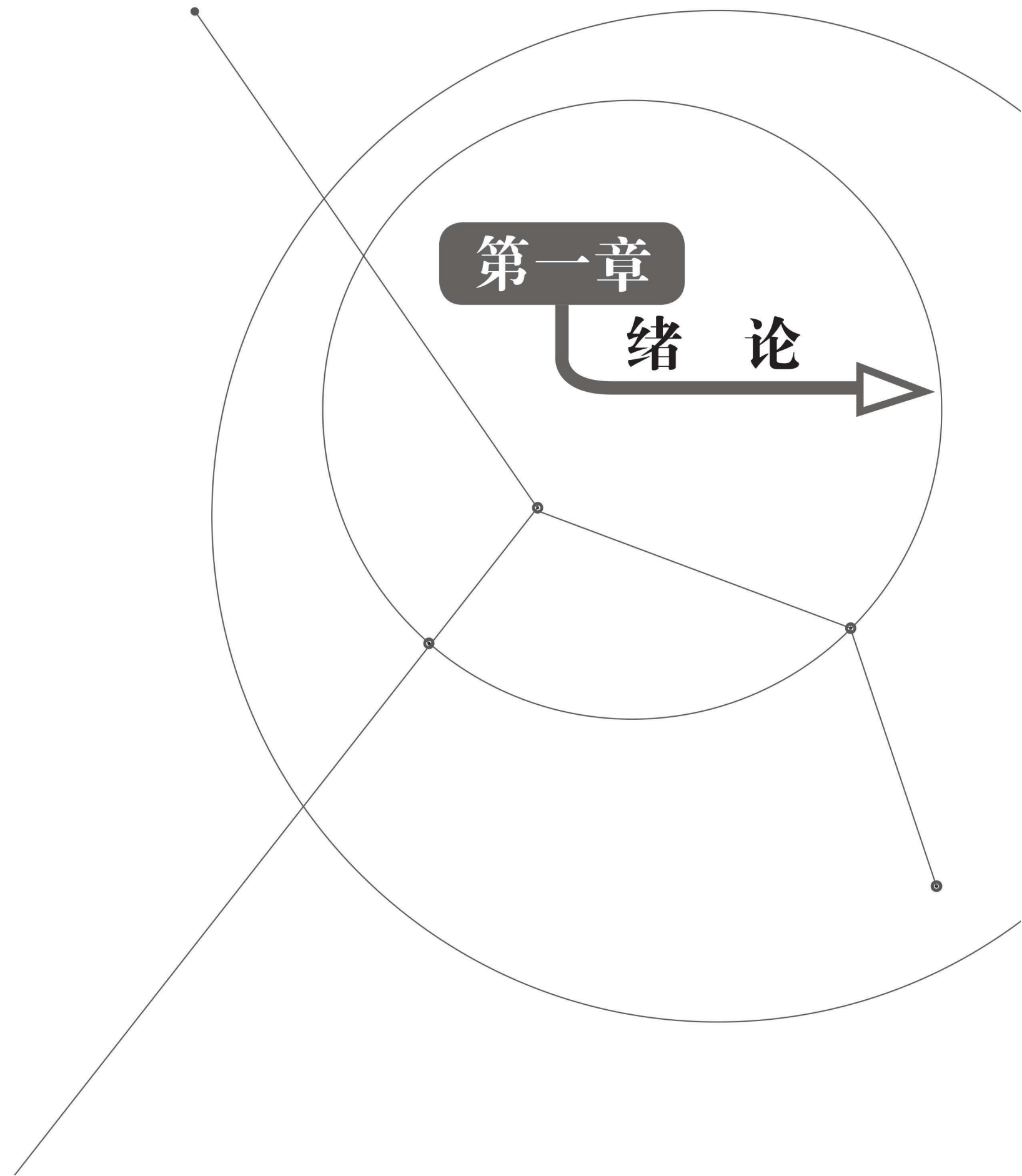
第一章 绪论.....	1
1.1 3S 的基本概念	2
1.2 3S 技术的集成	4
1.3 3S 的应用	4
1.3.1 在军事领域中的应用	4
1.3.2 在环境监测中的应用	5
1.3.3 在土地管理中的应用	5
1.3.4 基于位置的服务	6
1.4 本书的结构	6
1.5 拓展阅读	7
第二章 GPS 原理及应用	9
2.1 GPS 的产生与发展	10
2.1.1 子午仪卫星定位系统	10
2.1.2 第一代 GPS	10
2.1.3 第二代 GPS	11
2.1.4 第三代 GPS	11
2.2 GPS 的基本原理	12
2.3 GPS 系统的构成	13
2.3.1 空间部分	14
2.3.2 地面监控部分	14
2.3.3 用户部分	15
2.4 北斗卫星导航系统	16
2.4.1 北斗一代	16
2.4.2 北斗二代	16
2.5 其他卫星导航定位系统	17
2.5.1 GLONASS	17
2.5.2 Galileo	18

2.6	应用: GPS 定位	18
2.7	挑战性任务	23
第三章	RS 原理及应用	25
3.1	遥感的基本原理	26
3.2	遥感平台与遥感卫星	28
3.2.1	遥感平台	28
3.2.2	遥感卫星	28
3.3	认识遥感影像	29
3.4	遥感图像处理	31
3.4.1	图像预处理	32
3.4.2	影像信息提取	33
3.5	应用: 遥感变化监测	33
3.6	挑战性任务	36
第四章	GIS 原理及应用	37
4.1	地理信息系统	38
4.1.1	GIS 的组成	39
4.1.2	GIS 的应用	40
4.2	地理空间数据	40
4.2.1	数据获取	41
4.2.2	数据特征	41
4.2.3	数据类型	42
4.3	空间数据的分析方法	44
4.3.1	缓冲区分析	44
4.3.2	叠置分析	45
4.3.3	网络分析	45
4.4	应用: GIS 调查	45
4.5	挑战性任务	50
第五章	3S 地图制图	51
5.1	地图的符号表示	52
5.1.1	地图符号	52

5.1.2	数据分类	53
5.2	地图的类型	54
5.3	地图的注记	56
5.4	应用：制作专题地图	57
5.5	挑战性任务	68
第六章	3S 应用研究	69
6.1	如何选题	70
6.1.1	问题从哪里来	70
6.1.2	使问题变为课题	71
6.2	如何开题	72
6.2.1	如何撰写开题报告	72
6.3	如何结题	73
6.4	报告模板	74
6.4.1	开题报告	74
6.4.2	结题报告	75
6.5	3S 应用课题	79
6.5.1	上海城市扩张与用地变化分析	79
6.5.2	学校选址评价与分析	79
6.5.3	公交化校车路线设计	80
	参考资料	81

第一章

绪论



第一章 绪论

1.1 3S 的基本概念

3S 技术是 GPS（Global Positioning System 全球定位系统）、GIS（Geographic Information System 地理信息系统）、RS（Remote Sensing 遥感技术）及其集成技术的总称，是当今国内外最受人关注的现代信息技术、高新技术之一。

GPS 的全称是**全球定位系统**，它起始于 1958 年美国军方的一个项目，1964 年投入使用。20 世纪 70 年代，美国陆、海、空三军联合研制了新一代卫星定位系统 GPS。GPS 利用多颗卫星定位地球表面上的位置点，是全球卫星导航系统的重要形式之一，其他的全球卫星导航系统还有俄罗斯的格洛纳斯卫星导航系统（GLONASS）、欧洲的伽利略卫星导航系统（Galileo）、中国的北斗卫星导航系统（BeiDou）等。



图 1.1 GPS 卫星

RS 的全称是**遥感**技术，顾名思义，是指遥远的感知技术，也就是说在不接触的前提下，对目标物进行识别、观察和测量。遥感主要是通过对目标物的不同电磁特性进行探测的一种技术。虽然遥感技术的过程很复杂，但是在我们每个人的生活中，其应用天天都能看到。天气预报中所播放的“卫星气象云图”就是由“气象卫星”拍摄的“云”的遥感图像。

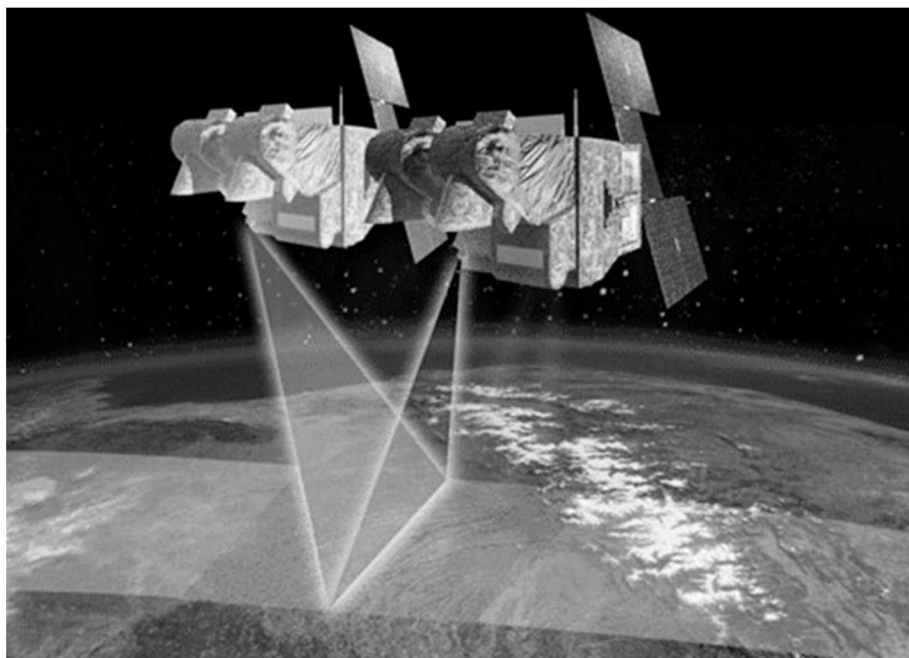


图 1.2 遥感对地观测技术

GIS 的全称是**地理信息系统**，简单地说是一个管理地理信息的计算机软件系统，它不但能分门别类、分级分层地管理地理信息，而且还能将它们进行各种组合、分析、再组合、再分析，同时能查询、检索、修改、输出、更新等。通过 GIS，我们可以揭示地球表面物体之间的关系、模型和发展趋势，从而寻求答案和解决问题。



图 1.3 GIS 技术的应用领域

1.2 3S 技术的集成

从 2000 年开始，由于“数字地球”（1998 年美国副总统戈尔首次公开提出）这一概念在美国的兴起，中国政府也开始认识到数字化不仅仅是硬件、软件和平台技术，而更多的应该与空间技术相关，与 3S 技术相关的空间技术应用也被越来越多的人所认知。近几年，像“数字奥运”“数字城市”“数字流域”等以空间数据为基础的国家级项目逐一展开，使 3S 技术得到蓬勃发展。

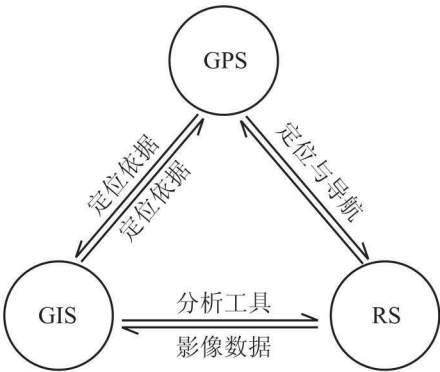


图 1.4 3S 关系图

获取信息 < RS —— 相当于眼睛，一看一片
GPS —— 获取固定的或运动的点的信息
处理信息 —— GIS —— 在计算机中借助软件处理信息

图 1.5 3S 集成

3S 技术不是 GPS、GIS、RS 三者的简单叠加，它是这三种技术的有机集成，遥感技术是信息采集（提取）的主力；全球卫星导航系统对遥感图像及从中提取的信息进行定位，赋予位置，使其能与“电子地图”进行整合；而地理信息系统是信息的“大管家”。

1.3 3S 的应用

3S 技术是一个动态的、可视的、三维立体的、不断更新的、不同地域和层次都可以使用的“活”系统。在武汉市“3S”集成技术用于辅助城市温度场的分析；在洞庭湖地区“3S”技术用于防洪监测；在山东省采用静止气象卫星遥感接收处理系统、GIS 和飞机定位系统组成了一个“3S”系统，用于指挥人工降雨。下面举几个常见的 3S 在不同领域的应用案例（相似的应用还有很多，在此不一一赘述）。

1.3.1 在军事领域中的应用

军队现代化离不开 3S 技术。GPS 提供全天候三维坐标、三维速度和时间信息，海陆空的多种系统和装备都采用 GPS。例如，飞机、直升机、导弹发射架及导弹，1991 年海湾战争，美军仅为空军就提供了 4000 套 GPS 设备和近 1000 套附加装置，使部队可以实时精确定位和快速

反应。

应用 KH-11 卫星, RS 提供海湾地区的重叠覆盖和高清晰度的远红外线影像。星载远红外探测器可同时测出伊拉克飞毛腿导弹发射瞬间产生的强大热流, 在 30 秒内向驻沙特和以色列的反导弹部队发出警告, 带有 GPS 自动制导的爱国者地空导弹就会立即予以拦截。

基于 GIS 技术的“联动战略系统 (JOTS)”采用大屏幕显示器、工作站、绘图机等硬件和数字高程及地形数据, 数字化栅格图像, 构成了综合数据合成, 控制与显示的完整的战区管理系统。

1.3.2 在环境监测中的应用

人口、资源、环境是当今社会面临的最严峻的问题, 人类越来越认识到环保的重要性, 同时也意识到 3S 技术对环境的重大作用。

RS+GPS 所获得的遥感图像和数据, 是极其重要的信息源。不仅为掌握区域的环境状况提供高精度的定位数据, 还可实现环境状况的多时相信息及形象的图像图形显示。卫星遥感技术在环境监测上的应用是目前遥感技术应用最成功、效益最显著的领域之一。美国用于整个业务气象卫星系统的费用为每年 6000 万美元, 由于台风监测成功而减少的损失就达 20 亿美元。而 GIS 强大的对空间数据的综合处理能力, 又可将 RS+GPS 所获得的海量的地理信息, 从定量、动态等方面进行综合集成, 实现了图形、图像处理系统完全统一。GIS 还可用于区域环境质量现状的评价, 利用实测值通过插值或拟合方法扩展, 得到有关环境参量的浓度分布图, 了解各主要污染物的空间分布及超标情况, 再进行全区环境质量的综合评价。

1.3.3 在土地管理中的应用

在土地管理中, GPS 用于对空间数据快速定位, 为遥感实况数据提供空间坐标, 用于建立实况土地, 利用数据库对遥感数据进行校正和检核。RS 可用于提供实时、动态、快速的土地覆盖和土地利用信息, 及时发现土地动态变化区域, 为 GIS 提供信息源。GIS 用于对空间数据进行管理、查询、分析与可视化, 可以将大量抽象的统计数据变成直观的专题图, 形象地展示土地利用变化规律。应用 3S 技术的空间数据处理和评价模型等功能可以对投资项目的选址和土地的整体空间布局等进行分析、评价和研究, 并实现其动态、连续、准确的监测和评价。

随着 GPS、RS、GIS 和 Internet 等现代信息技术的发展及其相互间的渗透, 逐渐形成了以地理信息系统为核心的集成化技术系统。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。

1.3.4 基于位置的服务

基于位置的服务（LBS，Location Based Service）的概念虽然提出的时间不长，但其发展已经有相当长的一段历史。LBS 首先从美国发展起来，起源于以军事应用为目的所部署的 GPS 全球定位系统，随后在测绘和车辆跟踪定位等领域开始应用。当 GPS 民用化以后，产生了以定位为核心功能的大量应用，直到 20 世纪 90 年代后期，LBS 及其所涉及的技术才得到广泛的重视和应用。

位置服务指的是通过移动终端和移动网络的配合，确定移动用户的实际地理位置，从而提供用户与位置相关的服务信息。LBS 能够广泛支持需要动态地理空间信息的应用，从寻找旅馆、急救服务到导航，几乎可以覆盖生活中的所有方面。在美国，Foursquare 为代表的以用户主动签到为核心的位置签到服务重新定义了位置服务的内涵，掀起了新一轮移动互联网产业发展热潮，即以位置签到为核心的垂直型位置签到服务企业快速涌现并迅速发展，国内社交网站和微博服务提供商也纷纷更新移动互联网产品。以下是国内外较为知名的位置服务。

位置签到服务：类 Foursquare 的应用提供的位置签到及附加类服务，其业务以用户签到为核心，探索基于签到的增值服务，通过整合好友签到信息及周边地理位置情报，打造基于真实地理位置的用户社交网络。常见的有 Foursquare、街旁网、冒泡网等。

位置信息服务：主流模式为围绕用户签到展现本地生活信息，实现位置服务与用户工作生活的深度整合。通过签到获取商家优惠及折扣是位置信息服务的主流商业模式。常见有大众点评、百度身边等。

1.4 本书的结构

本书由四部分组成，第一部分绪论（第 1 章），第二部分 GPS、RS、GIS 的基本原理与应用（第 2、3、4 章），第三部分 3S 地图制图（第 5 章），第四部分 3S 应用研究（第 6 章）。

如果你对高新技术有兴趣，但担心学不好，在这门课程中，你完全可以消除这种担心。因为在本书中，不仅有理论知识，还会设置相应的实践内容，有简单的应用任务，也有难度加大的挑战性任务。这样一来，你可以一边学习一边动手操作，不过在操作中，你将面临许多问题，而这些问题都需要你动手来实践，动脑来解决。如果你是真心想学一种技术，锻炼自己的能力，那么你需要首先从心理上摆正自己的态度，时刻告诉自己保持热情，坚持不懈。相信你会在本书中收获良多，希望你在应用 3S 技术的同时喜欢上它。

1.5 拓展阅读

以下是 3S 相关领域的一些资源，如果认真关注这些资源，你会发现它们不仅可以帮助你解决目前所遇到的问题，它们还可以帮助你更深入地了解 3S 技术。

1. 科研机构

国家测绘与地理信息局 www.sbsm.gov.cn

中国科学院遥感应用研究所 www.irsa.ac.cn

中国科学院遥感与数字地球研究所 www.radi.ac.cn

武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室 www.lmars.whu.edu.cn

2. 期刊杂志

国际摄影测量与遥感大会 www.isprs.org

遥感学报 www.jors.cn

测绘学报 xb.sinomaps.com: 8081

武汉大学学报·信息科学版 ch.whu.edu.cn

3. 门户网站

3snews: www.3snews.net

中国测绘网: www.cehui8.com

北斗网: www.beidou.gov.cn

