

Introduction to Geographic Information Systems
Third Edition

地理信息系统导论

(第三版)

Kang-tsung Chang

University of Idaho

陈健飞 中文导读

科学出版社

北京

图字：01-2005-6193号

Kang-tsung Chang

Introduction to Geographic Information Systems, Third Edition

ISBN 0-07-282682-7

Copyright © 2006 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by The McGraw-Hill Companies, Inc.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Bilingual edition jointly published by Science Press and McGraw-Hill Education (Asia) Co.

本书双语版由科学出版社和美国麦格劳-希尔教育（亚洲）出版公司合作出版。未经出版者书面许可，不得以任何形式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封底贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

地理信息系统导论 (第三版) = Introduction to Geographic Information Systems, Third Edition / (美) 张康聪 (Chang, K. T.) 著; 陈健飞中文导读. — 双语版. — 北京: 科学出版社, 2006

ISBN 7-03-018112-3

I. 地… II. ①张…②陈… III. 地理信息系统-教材-英文 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 118857 号

责任编辑: 朱海燕 韩 鹏 / 责任校对: 陈玉凤

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 10 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2006 年 10 月第一次印刷 印张: 31 1/4

印数: 1—5 000 字数: 640 000

定价: 58.00 元 (含光盘)

(如有印装质量问题, 我社负责调换 (环伟))

双语版序言

本书是美国爱达荷大学地理系张康聪 (Kang-tsung Chang) 教授撰写, 由美国麦格劳-希尔教育出版公司 2006 年出版的《地理信息系统导论》(第三版) 的双语版 (英文原版, 中文导读)。张康聪教授以其 20 年来从事 GIS 教学、研究和应用的经验积累, 撰写出版了这一 GIS 入门的精品教材。

本书第一版曾由笔者主持翻译, 由科学出版社于 2003 年 10 月出版发行了中文全译本 (《地理信息系统导论》, Kang-tsung Chang 著, 陈健飞等译), 迄今不到三年已印刷 4 次, 总印数 12 000 册几近售罄, 深受读者的欢迎, 被不少高等学校相关专业作为 GIS 课程的首选教材。不少读者反映说, 使用该教材, 使 GIS 变得不再神秘, 并且能真正上手, 该教材已对国内 GIS 技术的教学和普及产生了实实在在的影响……。返观该教材, 其最大优势在于著者的编写理念符合 GIS 技术的教学规律, 在教材编写中体现概念和实践的并重; 该教材的另一优势则在于著者把自己多年教学过程收集和积累的 GIS 数据及其应用案例, 以数据光盘形式提供给读者共享, 使之物超所值。这使得使用该书的教学者方便教学、自学者方便自学, 书中提供的面向解决问题的系列习作及其相应的详细操作指南, 使 GIS 技术的学习过程立竿见影、收效显著。通过实际操作来体会, 有助于对 GIS 原理、方法和应用的了解, 伴随的是对主流 GIS 软件的各项功能的初步掌握。

第三版不仅保留了第一版和第二版的优势和特色, 而且与时俱进做了修订和拓展: 对应于 GIS 软件的升级, 着重把练习的软件平台更新为 ArcGIS 9.0; 同时深入浅出地全面介绍了 GIS 的新进展。第三版涵盖的内容和章节安排详见于著者前言。第三版每章结构由 6 个部分组成: 正文、重要概念和术语解释、复习题、应用 (习作及其操作指南)、挑战性任务和参考文献, 该书附数据文件光盘一张。该教材可谓是一套较完整的教学资源。

科学出版社资源环境编辑部, 根据我国高等教育教学改革深入发展的形势和 GIS 双语教学课程对英文原版教材的亟需, 审时度势, 勇于开拓, 努力促成了国内第一本中文导读版 GIS 教材的出版, 本书必将受到 GIS 及其相关专业师生的欢迎。

中文导读版的工作得到广州大学教材建设基金的支持, 编译工作得到笔者指导的研究生陈志强 (第 3、4、14~18 章)、林征 (第 1、2、5、7、11~13 章) 和庾思慧 (第 6、8~10、

19 章) 的协助, 全书中文导读内容由笔者校译和统稿。由于专业水平和编译时间所限, 错漏在所难免, 欢迎读者对中文导读部分不吝提出批评和建议, 以便再版和重印时改进。

陈 健 飞

2006 年 8 月

前 言

GIS 的重要性

地理信息系统 (GIS) 是用于获取、储存、查询、分析和展示地理空间数据的计算机系统。地理空间数据描述空间要素的位置和特征, 比如道路、宗地和森林。GIS 所具有的处理位置和属性的功能, 使其区别于其他信息系统, 从而建立了在广阔领域有应用需求的 GIS 技术。

自 19 世纪 70 年代以来, GIS 的重要性体现在自然资源管理领域, 包括土地规划、自然灾害评估、野生生物生境分析和林木管理等。近些年来, GIS 已被用于犯罪制图与分析、救应急规划、地籍管理、市场分析和交通规划。GIS 与其他地理空间技术的结合, 已显示出在基于位置的服务、在线互动地图绘制、车内导航系统和精准农业等方面的应用。2004 年 8 月, 地理空间技术被美国劳工部列为三大主要上升领域之一, 另外两个领域分别是纳米技术和生物技术。

GIS 不是只为专家所用的。功能强大且价格适宜的计算机硬件和软件、图形用户界面和公共数字化数据, 已将 GIS 带入主流应用。在学习 GIS 导论课程的班上, 发现有来自 20 多个专业的学生已属寻常现象。

GIS 设计涉及地理学、地图制图学、空间分析、测量、数学和数据库管理等领域的基础概念。例如, 获取 GIS 数据时需要考虑的空间参照系统, 即是地图制图和测量早已建立的概念。空间参照系统决定了空间要素的位置如何量测, 不论空间参照系统是地理的还是投影的。GIS 设计总是与计算机技术保持同步推进。GIS 产商从 19 世纪 90 年代以来就已把面向对象技术吸收到用户界面设计中。同样的技术现已被采纳用于 GIS 数据模型。为了精通 GIS, 我们必须既熟悉其基本概念, 又熟悉新的技术。

第三版强化重点

第三版共 19 章, 第 1 章至第 5 章主要解释 GIS 的概念和数据模型。第 6 章至第 9 章涵盖了数据输入、编辑和管理。第 10 章和第 11 章包括数据显示和探查。第 12 章和第 13 章提供核心数据分析的概览。第 14 章至第 16 章重点阐述地形制图和分析。第 17 章和第 18 章涉及运动和线状要素的分析。第 19 章介绍 GIS 模型和建模。根据课程设计和学生需求, 本书第三版可作为第一或第二门 GIS 课程的教材。本书总的目的是给学生提供 GIS 概念和实践的坚实基础。

在第三版中，著者在以下主题添加或扩展了讨论：

- 基于矢量数据模型（例如，geodatabase）（第 4 章）
- 小波转换（第 5 章）
- 几何转换（第 7 章）
- 拓扑规则和编辑（第 8 章）
- 空间统计学（第 12 章）
- 视域分析和流域分析（第 15 章）
- 地理编码和动态分段（第 17 章）
- 路径分析（第 18 章）
- ArcToolbox 中的命令行、ModelBuilder 和 Python 脚本的应用（第 15 章和第 19 章）

第三版还有一些新的特点。一是每章都包含有复习题；二是每章的应用部分都增加了挑战性任务，旨在进一步提高解决问题的能力；三是每章的应用部分包括了一系列与任务相关的问题，以强化学习过程。因为如果仅仅遵循指南完成任务而不思考所以然，便不可能学好 GIS。

本版保留了第一版和第二版的长处。对引自诸多领域的参考文献做了更新，信息更加丰富。注释栏提供了特定软件的资料、实际案例和附加的相关信息。全书完善了插图，添加了一些必需的新图。

理论与应用相结合

第三版仍然强调 GIS 的实践。每章应用部分仍包含解决问题的任务，利用数据集和指南来完成。共有 77 个任务，每章分别为 3 至 6 个习作任务。完成这些任务的指南对应于 ArcGIS 9.0。

除两个习作外，本版的所有习作任务都使用 ArcGIS Desktop 9.0 版及其扩展模块 Spatial Analyst、3D Analyst、Geostatistical Analyst 和 ArcScan。只有第 18 章中涉及“最短路径分析”和“定位与配置”的两个习作任务需要用 ArcInfo Workstation 来完成。一旦 ESRI 公司推出 Network Analyst 扩展模块，这两个习作便可在 ArcGIS Desktop 上方便运行。

由实践部分获取的手头经验有助于完成课文讨论和强化 GIS 功能的工作知识。虽然可以通过阅读掌握 GIS 概念，但是只有通过实践才可能完全领会隐含在菜单和按钮后面的概念。而且，当今 GIS 职位市场的正规要求是能够熟练应用商业化 GIS 软件包。

本书第三版的网址为：www.mhhe.com/changgis3e，含有以口令保护的指导手册。请联系 McGraw-Hill 销售代表以获取进入该网站所需信息。

数据来源说明

本书的一些习作任务使用了由下列网址下载的数据集：

Clearwater National Forest

http://www.fs.fed.us/rl/clearwater/gis/library/library_w.htm

Montana GIS data clearinghouse

<http://www.nris.state.mt.us/>

Northern California Earthquake Data Center

<http://quake.geo.berkeley.edu/>

University of Idaho Library

<http://inside.uidaho.edu>

Washington State Department of Transportation GIS Data

<http://www.wsdot.wa.gov/mapsdata/geodatacatalog/default.htm>

Wyoming Geographic Information Advisory Council

<http://wgiac2.state.wy.us/html/>

致 谢
(略)

张康聪 (Kang-tsung Chang)

目 录

中文导读部分

双语版序言

前言

第 1 章	绪论	C-1
第 2 章	坐标系统	C-5
第 3 章	地理关系矢量数据模型	C-6
第 4 章	面向对象的矢量数据模型	C-7
第 5 章	栅格数据模型	C-8
第 6 章	数据输入	C-9
第 7 章	几何变换.....	C-10
第 8 章	空间数据编辑.....	C-12
第 9 章	属性数据的输入与管理.....	C-13
第 10 章	数据显示与地图制图.....	C-15
第 11 章	数据探查.....	C-16
第 12 章	矢量数据分析.....	C-17
第 13 章	栅格数据分析.....	C-18
第 14 章	地形制图与分析.....	C-19
第 15 章	视域和流域	C-20
第 16 章	空间插值.....	C-21
第 17 章	地理编码和动态分段.....	C-22
第 18 章	路径分析和网络应用.....	C-23
第 19 章	GIS 模型与建模	C-24

原版部分

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 什么是 GIS?	1
1.1.1 GIS 应用	2
1.1.2 GIS 的组成	2
注释栏 1.1 GIS 应用的更多趣例	3
1.2 GIS 简史	3
注释栏 1.2 GIS 软件产商及其主要产品	4
1.3 地理参照数据	4
1.3.1 空间数据	5
1.3.2 属性数据	7
1.3.3 空间和属性数据的联合	8
1.4 GIS 操作	8
1.4.1 空间数据输入	9
1.4.2 属性数据管理	9
1.4.3 数据显示	9
1.4.4 数据查询	9
1.4.5 数据分析	10
1.4.6 GIS 模型与建模	11
1.5 本书的结构.....	11
1.6 概念与实践.....	12
重要概念和术语	13
复习题	14
应用: 绪论	15
习作 1: ArcCatalog 简介	15
习作 2: ArcMap 简介	16
习作 3: ArcInfo Workstation 简介	18
挑战性任务	18
参考文献	18
第 2 章 坐标系统	19
2.1 地理坐标系统.....	20
2.1.1 地球的近似	21
2.1.2 大地基准	22
注释栏 2.1 大地基准之间的转换	23

注释栏 2.2 如何量测地球表面的距离	24
2.2 地图投影	24
2.2.1 地图投影类型	24
2.2.2 地图投影参数	25
2.3 常用地图投影	27
2.3.1 横轴墨卡托	28
2.3.2 兰勃特等角圆锥	28
2.3.3 阿尔伯特等积圆锥	29
2.3.4 等距圆锥	29
2.4 投影坐标系	29
注释栏 2.3 地图比例尺	30
2.4.1 UTM 格网系统	30
2.4.2 UPS 格网系统	31
2.4.3 SPC 系统	31
2.4.4 PLSS	32
注释栏 2.4 投影文件举例	34
2.5 在 GIS 中运用坐标系统	34
2.5.1 投影文件	34
2.5.2 预定义坐标系统	34
注释栏 2.5 ArcGIS 中的坐标系统	35
2.5.3 即时投影	35
重要概念和术语	36
复习题	37
应用：坐标系统	38
习作 1：将一个要素类型由地理坐标系统投影到投影坐标系统	38
习作 2：导入坐标系统	39
习作 3：用预定义坐标系统投影一个 Shapefile	40
习作 4：由一个坐标系统转换到另一个坐标系统	40
挑战性任务	41
参考文献	41
第 3 章 地理关系矢量数据模型	42
3.1 地理关系数据模型	43
3.2 简单要素的表示	43
3.3 拓扑	44

注释栏 3.1 邻接与入射	45
3.3.1 TIGER	46
3.3.2 ESRI 的 Coverage 模型	46
3.3.3 Coverage 数据结构	47
3.3.4 拓扑的重要性	48
注释栏 3.2 拓扑与非拓扑	49
3.4 非拓扑矢量数据	50
3.5 复合要素数据模型	50
3.5.1 TIN	51
3.5.2 区域	52
注释栏 3.3 分级区域	53
3.5.3 路径	54
重要概念和术语	55
复习题	56
应用：地理关系矢量数据模型	57
习作 1：查验 Coverage 和 Shapefile 的数据文件结构	57
习作 2：查看区域和路径	58
习作 3：查看 TIN	58
挑战性任务	59
参考文献	59
第 4 章 面向对象的矢量数据模型	61
4.1 面向对象数据模型	62
4.1.1 类型	63
4.1.2 类型之间的关系	63
4.2 Geodatabase 数据模型	64
4.2.1 空间要素的几何表达	64
注释栏 4.1 ESRI 软件中 Geodatabase、Shapefile 和 Coverage	65
4.2.2 数据结构	65
注释栏 4.2 NHDinGEO	66
4.3 接口	66
注释栏 4.3 ArcObject 和 ArcGIS	67
注释栏 4.4 如何使用接口	68
4.4 拓扑规则	68
4.5 Geodatabase 数据模型的优点	69

重要概念和术语	70
复习题	71
应用：面向对象矢量数据模型	72
习作 1：创建 Geodatabase、要素数据子集及要素类型	72
习作 2：将一个 Shapefile 转换为 Geodatabase 要素类型	72
习作 3：用 Measures 查验 Polylines	73
挑战性任务	73
参考文献	74
第 5 章 栅格数据模型	75
5.1 栅格数据模型的要素	76
5.1.1 单元格数值	76
注释栏 5.1 确定一种类型的单元格数值的原则	77
5.1.2 单元格大小	77
5.1.3 栅格波段	77
5.1.4 空间参照	78
5.2 栅格数据类型	78
5.2.1 卫星影像	78
5.2.2 USGS 数字高程模型 (DEM)	79
注释栏 5.2 7.5 分 DEM 中的非数据细长多边形	80
5.2.3 非 USGS 的 DEM	80
5.2.4 全球 DEM	81
5.2.5 数字正射影像	81
5.2.6 双水准 (Bi-Level) 扫描文件	82
5.2.7 数字栅格图形 (DRGs)	82
5.2.8 图形文件	83
5.2.9 特定 GIS 软件的栅格数据	83
5.3 栅格数据结构	83
5.3.1 逐个像元编码	83
5.3.2 游程长度编码	84
5.3.3 四叉树	85
注释栏 5.3 头文件举例	86
5.3.4 头文件	86
5.4 数据压缩	87
注释栏 5.4 简单小波举例：哈尔小波 (Haar Wavelet)	88

5.5	数据转换	88
5.6	栅格数据与矢量数据的综合	89
	注释栏 5.5 矢量数据与图像的链接	90
	重要概念和术语	90
	复习题	91
	应用：栅格数据模型	92
	习作 1：查看 USG 的 DEM 数据	92
	习作 2：在 ArcMap 中查看卫星影像	93
	习作 3：将矢量数据转换为栅格数据	93
	挑战性任务	93
	参考文献	94
第 6 章	数据输入	96
6.1	现有的 GIS 数据	97
6.1.1	联邦地理数据委员会	97
6.1.2	地理空间一站 (Geospatial One-Stop)	97
6.1.3	美国地质调查局	97
6.1.4	美国人口普查局	98
6.1.5	自然资源保护服务	98
6.1.6	州级公共数据：举例	98
6.1.7	区域公共数据：举例	99
6.1.8	大都市公共数据：举例	99
6.1.9	县级公共数据：举例	99
6.1.10	私人公司的 GIS 数据	99
6.2	元数据	99
6.3	现有数据的转换	100
6.3.1	直接转换	100
6.3.2	中性格式	100
	注释栏 6.1 SSURGO 数据分发格式	101
	注释栏 6.2 在 ArcGIS 中导入 DLG、SDTS、TIGER 和 VPF 文件	102
6.4	创建新数据	102
6.4.1	遥感数据	102
6.4.2	野外数据	103
	注释栏 6.3 一个 GPS 数据的实例	104
6.4.3	有 x 、 y 坐标的文本文件	106

6.4.4 用数字化仪数字化	106
6.4.5 扫描数字化	107
注释栏 6.4 ArcGIS 中的矢量化设置	110
6.4.6 屏幕数字化	110
6.4.7 源地图的重要性	110
重要概念和术语	111
复习题	112
应用：数据输入	113
习作 1：从互联网下载和处理 DEM 和 DLG	113
习作 2：在 ArcMap 中作屏幕数字化	114
习作 3：在 ArcMap 中加入 X Y 数据	115
挑战性任务	116
参考文献	116
第 7 章 几何变换	117
7.1 几何变换	118
7.1.1 地图到地图和影像到地图的变换	118
7.1.2 变换方法	118
7.1.3 仿射变换	119
7.1.4 仿射变换参数的几何解释	120
7.1.5 控制点	120
注释栏 7.1 变换参数的估算	121
注释栏 7.2 仿射变换的输出	122
7.2 均方根 (RMS) 误差	122
注释栏 7.3 仿射变换均方根误差	123
7.3 数字化地图上的均方根误差解释	124
7.4 像元值重采样	125
7.4.1 重采样方法	125
注释栏 7.4 双线性内插的计算	126
注释栏 7.5 成角锥形法 (Pyramiding)	126
7.4.2 重采样的其他用途	126
重要概念和术语	127
复习题	127
应用：几何变换	128
习作 1：地理参照和矫正一幅扫描地图	128

习作 2: 用 ArcScan 矢量化栅格线条	129
习作 3: 完成影像到地图的变换	130
挑战性任务	131
参考文献	132
第 8 章 空间数据编辑	133
8.1 定位错误	134
8.1.1 使用二手数据源的定位错误	134
8.1.2 产生数字化错误的原因	134
8.1.3 使用第一手数据源的定位错误	135
8.2 空间数据准确度标准	135
注释栏 8.1 空间数据准确度 (NSSDA) 统计的国家标准	136
8.3 拓扑错误	136
8.3.1 几何要素拓扑错误	136
8.3.2 图层之间的拓扑错误	138
8.4 拓扑编辑	139
注释栏 8.2 用于拓扑编辑的 GIS 软件包	139
注释栏 8.3 ArcGIS 中的拓扑编辑	140
8.4.1 在 Coverages 上进行拓扑编辑	140
8.4.2 用地图拓扑编辑	142
8.4.3 用拓扑规则编辑	142
8.5 非拓扑编辑	143
8.5.1 编辑现有要素	143
注释栏 8.4 ArcGIS 中的基本编辑	143
8.5.2 由现有要素创建新要素	144
注释栏 8.5 ArcGIS 中的接边和高级编辑	145
8.6 其他编辑操作	145
8.6.1 接边	145
8.6.2 线条的简化和平滑	146
重要概念和术语	147
复习题	148
应用: 空间数据编辑	149
习作 1: 编辑一个 Shapefile 文件	149
习作 2: 用集群容差纠正两个 Shapefile 之间的数字化错误	150
习作 3: 用拓扑规则修订悬挂弧段	151

习作 4: 用拓扑规则确保两个多边形图层重合	153
习作 5: 完成接边	154
挑战性任务	155
参考文献	155
第 9 章 属性数据的输入与管理	156
9.1 GIS 中的属性数据	157
注释栏 9.1 非空间数据表格	158
9.1.1 属性表的类型	158
9.1.2 数据库管理	158
9.1.3 属性数据类型	159
注释栏 9.2 类别型和数值型数据	159
9.2 关系数据库模型	160
9.2.1 MUIR: 关系数据库一例	160
9.2.2 正规化	162
9.2.3 关系类型	164
9.2.4 合并和关联表格	166
9.3 属性数据输入	167
9.3.1 字段定义	167
9.3.2 数据输入方法	167
9.3.3 属性数据校核	167
9.4 字段与属性数据的处理	168
9.4.1 添加和删去字段	168
9.4.2 属性数据的分类	168
注释栏 9.3 在 ArcGIS Desktop 上添加和删去字段	168
9.4.3 属性数据的计算	169
重要概念和术语	169
复习题	170
应用: 属性数据的输入与管理	171
习作 1: 输入 Geodatabase 要素类型的属性数据	171
习作 2: 在 ArcMap 中合并表格	172
习作 3: 在 ArcMap 中关联表格	172
习作 4: 由数据分类生成新的属性数据	173
习作 5: 使用属性数据分类的高级方法	173
习作 6: 由数据计算生成新的属性数据	174

挑战性任务	174
参考文献	174
第 10 章 数据显示与地图制图	175
10.1 地图符号系统	177
10.1.1 空间要素与地图符号	177
10.1.2 色彩的运用	178
10.1.3 数据分类	179
10.2 地图的种类	179
注释栏 10.1 点描法地图上点的定位	181
注释栏 10.2 绝对值和派生值制图	181
10.3 地图注记	182
10.3.1 字体的变化	183
10.3.2 字体变化的选择	183
10.3.3 文字在地图主体的放置	184
注释栏 10.3 动态标注方法	185
10.4 地图设计	186
10.4.1 版面布局	187
注释栏 10.4 添加地图要素的向导	189
10.4.2 视觉层次	190
注释栏 10.5 使用软拷贝地图	193
10.5 地图产品	193
注释栏 10.6 制作彩色地图的网络工具	194
重要概念和术语	195
复习题	196
应用：数据显示和地图制图	197
习作 1：制作一幅等值区域图	197
习作 2：使用分级符号、线状符号、公路盾形符号和文字符号	199
习作 3：标记流	201
挑战性任务	202
参考文献	203
第 11 章 数据探查	204
11.1 数据探查	205
11.1.1 描述性统计	205

11.1.2 图形	205
注释栏 11.1 描述性统计	206
11.1.3 动态图形	209
注释栏 11.2 ArcGIS 中的图形	209
11.1.4 数据探查与 GIS	210
11.2 属性数据查询	210
注释栏 11.3 ArcGIS 中的查询方法	211
11.2.1 SQL (结构查询语言)	211
11.2.2 查询表达式	212
11.2.3 运算类型	213
11.2.4 查询操作举例	214
11.2.5 关系数据库查询	214
11.3 空间数据查询	215
11.3.1 由指针选择要素	215
11.3.2 由图形选择要素	215
注释栏 11.4 ArcMap 中的空间关系表达	216
11.3.3 由空间关系选择要素	216
11.3.4 属性数据与空间数据查询的结合	216
11.4 栅格数据查询	217
11.4.1 由单元格数值查询	217
11.4.2 用选择要素查询	218
11.5 地理可视化	218
11.5.1 数据分类	218
11.5.2 空间聚集	219
11.5.3 地图比较	219
重要概念和术语	221
复习题	222
应用: 数据探查	223
习作 1: 由位置选择要素	223
习作 2: 由图形选择要素	224
习作 3: 由联合属性表查询属性数据	224
习作 4: 由关系数据库查询属性数据	225
习作 5: 空间数据与属性数据的组合查询	226
习作 6: 栅格数据查询	226
挑战性任务	227

参考文献	227
第 12 章 矢量数据分析	229
12.1 建立缓冲区	230
12.1.1 缓冲区的种类	230
注释栏 12.1 河岸缓冲宽度	231
12.1.2 缓冲区的应用	232
12.2 地图叠置	232
12.2.1 要素类型和地图叠置	233
12.2.2 地图叠置方法	234
注释栏 12.2 ArcGIS 中的地图叠置方法	235
12.2.3 Shapefile 的叠置	235
12.2.4 破碎多边形	235
12.2.5 地图叠置的误差传递	237
12.2.6 地图叠置的应用	237
注释栏 12.3 地图叠置中的误差传递	237
12.3 距离量测	238
12.4 模式分析	238
注释栏 12.4 用 ArcGIS 作距离量测	239
12.4.1 最近邻分析	239
12.4.2 量测空间自相关的莫兰指数	239
12.4.3 量测高/低聚类的 G 统计量	241
12.4.4 模式分析的应用	242
12.5 地图操作	243
注释栏 12.5 用 ArcGIS 作地图操作	243
重要概念和术语	245
复习题	246
应用：矢量数据分析	247
习作 1：进行缓冲区建立和地图叠加	247
习作 2：多组分多边形叠置	248
习作 3：点与线之间的距离量测	249
习作 4：计算总体和局部的 G 统计量	249
挑战性任务	250
参考文献	251

第 13 章 栅格数据分析	252
注释栏 13.1 如何制作分析掩膜	253
13.1 数据分析环境	253
13.2 局部运算	253
13.2.1 单一栅格的局部运算	254
13.2.2 重新分类	254
13.2.3 多个栅格的局部运算	254
注释栏 13.2 ArcGIS 中的局部运算	256
13.2.4 局部运算的应用	256
13.3 邻域运算	257
13.3.1 邻域统计量	257
注释栏 13.3 ArcGIS 中的邻域运算	258
13.3.2 邻域运算的应用	258
13.4 分区运算	259
13.4.1 分区统计量	259
注释栏 13.4 ArcGIS 中的分区运算	260
13.4.2 分区运算的应用	261
13.5 自然距离量测运算	261
13.5.1 配置与方向	262
注释栏 13.5 ArcGIS 中的距离量算	262
13.5.2 距离量测运算的应用	263
13.6 其他的栅格数据运算	263
13.6.1 栅格数据管理	263
13.6.2 栅格数据提取	263
13.6.3 栅格数据综合	263
13.7 基于矢量和基于栅格的数据分析的比较	264
13.7.1 地图叠置	264
13.7.2 建立缓冲区	265
重要概念和术语	265
复习题	266
应用：栅格数据分析	266
习作 1：进行局部运算	267
习作 2：进行组合运算	267
习作 3：进行邻域运算	267

习作 4: 进行分区运算	268
习作 5: 自然距离量测	268
挑战性任务	269
参考文献	269
第 14 章 地形制图与分析	271
14.1 用于地形制图与分析的数据	272
14.1.1 数字高程模型 (DEM)	272
14.1.2 不规则三角网 (TIN)	272
14.2 地形制图	274
14.2.1 等高线法	274
14.2.2 垂直剖面法	275
14.2.3 地貌晕渲法	276
注释栏 14.1 反立体效应 (Pseudoscopic Effect)	277
注释栏 14.2 计算相对辐射的实例	277
14.2.4 分层设色法	277
14.2.5 透视图法	278
14.3 坡度和坡向	279
14.3.1 用栅格 (Grid) 计算坡度和坡向的算法	280
注释栏 14.3 将 D 转换成坡向	281
注释栏 14.4 利用栅格计算坡度和坡向的实例	282
14.3.2 用不规则三角网 (TIN) 计算坡度和坡向的算法	282
注释栏 14.5 利用 TIN 计算坡度和坡向的实例	283
14.3.3 影响坡度和坡向测算的因素	283
14.4 地面曲率	285
注释栏 14.6 计算地面曲率的实例	285
14.5 栅格与不规则三角网 (TIN) 的对比	286
注释栏 14.7 用 ArcGIS 进行地形制图和分析	286
重要概念和术语	287
复习题	288
应用: 地形制图和分析	288
习作 1: 用 DEM 进行地形制图	289
习作 2: 由 DEM 创建坡度、坡向和曲率	290
习作 3: 建立和显示不规则三角网 (TIN)	291
挑战性任务	292

参考文献	292
第 15 章 视域和流域	295
15.1 视域分析	296
15.2 视域分析中的参数	298
注释栏 15.1 选择观察点的工具	299
注释栏 15.2 设置视域分析参数	301
15.3 视域分析的应用	301
15.4 流域分析	301
注释栏 15.3 流域边界数据集 (WBD)	302
15.4.1 已填充数字高程模型 (Filled DEM)	302
15.4.2 流向	302
15.4.3 水流累积	303
15.4.4 河网	303
15.4.5 河流链路	304
15.4.6 全流域 (Area-wide Watersheds)	305
15.4.7 基于点的流域	306
注释栏 15.4 捕捉流出点	307
15.5 影响流域分析的因子	308
15.6 流域分析的应用	309
重要概念和术语	310
复习题	311
应用：视域和流域	311
习作 1：视域分析	311
习作 2：创建一个用于视域分析的新的瞭望哨 Shapefile	312
习作 3：勾绘全流域	313
习作 4：生成流出点的上游贡献区域	314
挑战性任务	315
参考文献	316
第 16 章 空间插值	318
16.1 空间插值的原理	319
16.1.1 控制点	319
16.1.2 空间插值的类型	319
16.2 全局方法	320

16.2.1 趋势面模型	320
注释栏 16.1 趋势面分析的实例	321
16.2.2 回归模型	322
16.3 局部方法	323
16.3.1 泰森多边形	323
16.3.2 密度估算	324
16.3.3 反距离权重插值	325
注释栏 16.2 核密度估算的实例	326
注释栏 16.3 反距离权重法估算的实例	327
16.3.4 薄板样条函数 (Thin-plate Splines)	327
注释栏 16.4 径向基线 (Radial Basis) 函数	328
注释栏 16.5 薄板张力样条函数 (Thin-plate Splines with Tension) 的实例	329
16.4 克里金法 (Kriging)	329
16.4.1 半方差图	330
16.4.2 模型	332
16.4.3 普通克里金法	333
16.4.4 通用克里金法 (Universal Kriging)	334
注释栏 16.6 用普通克里金法估算的实例	335
16.4.5 其他克里金法	335
16.5 各种空间插值方法的比较	336
注释栏 16.7 用通用克里金法估算的实例	337
注释栏 16.8 用 ArcGIS 进行空间插值	338
重要概念和术语	339
复习题	340
应用: 空间插值	341
习作 1: 趋势面模型用于插值	341
习作 2: 核密度估算	342
习作 3: IDW 用于插值	343
习作 4: 用普通克里金法插值	343
习作 5: 用通用克里金法插值	345
挑战性任务	345
参考文献	346
第 17 章 地理编码和动态分段	348
17.1 地理编码	349

17.1.1	地理编码参照数据库	349
17.1.2	地理编码过程	349
17.1.3	地址匹配选项	350
	注释栏 17.1 地理编码的得分系统	351
17.1.4	其他类型的地理编码	352
17.2	地理编码的应用	352
	注释栏 17.2 线性位置参照系统	353
17.3	动态分段	353
17.3.1	路径	353
	注释栏 17.3 路径要素类型	354
	注释栏 17.4 用 ArcGIS 创建路径	355
17.3.2	创建路径	355
17.3.3	事件	356
17.3.4	创建事件表	357
17.4	动态分段的应用	358
17.4.1	数据管理	358
17.4.2	数据显示	358
17.4.3	数据查询	359
17.4.4	数据分析	359
	重要概念和术语	360
	复习题	360
	应用：地理编码和动态分段	361
	习作 1：对街道地址进行地理编码	361
	习作 2：路径和事件的显示和查询	362
	习作 3：分析两个事件图层	363
	习作 4：创建河流路径并分析该路径沿线的坡度	363
	习作 5：对美国 5 号州际公路沿线城市进行定位	364
	挑战性任务	365
	参考文献	365
第 18 章	路径分析和网络应用	367
18.1	路径分析	368
18.1.1	源栅格	368
18.1.2	耗费栅格	368
18.1.3	耗费距离量测	368

注释栏 18.1 管道选址分析的耗费栅格	368
18.1.4 生成最小累积耗费路径.....	369
注释栏 18.2 最小累积耗费路径的生成	371
18.1.5 耗费距离量测的改进	372
注释栏 18.3 在 ArcGIS 中进行耗费距离量测操作.....	372
18.2 路径分析的应用.....	373
18.3 网络.....	373
18.3.1 链路和链路阻抗	373
18.3.2 节点和转弯阻抗	373
18.3.3 单行道或禁行道	374
18.3.4 天桥和地下通道	374
18.4 网络拼接.....	374
注释栏 18.4 在 ArcGIS 中创建网络拓扑.....	375
18.4.1 聚集线状要素	375
18.4.2 创建拓扑	375
18.4.3 网络要素赋予属性	375
注释栏 18.5 转弯角	376
18.5 网络应用.....	377
18.5.1 最短路径分析	377
18.5.2 最近设施	379
18.5.3 配置	379
18.5.4 定位—配置	380
18.5.5 城市交通规划模型	382
注释栏 18.6 用 ArcInfo Workstation 进行网络分析	383
重要概念和术语.....	383
复习题.....	384
应用：路径分析和网络应用	385
习作 1：计算最小累积耗费距离	385
习作 2：计算路径距离	385
习作 3：将线 Shapefile 转换成 Geodatabase 几何网络	386
习作 4：在 ArcInfo Workstation 中进行最短路径分析	387
习作 5：在 ArcInfo Workstation 中进行配置	388
挑战性任务.....	388
参考文献.....	388

第 19 章 GIS 模型与建模	390
19.1 GIS 建模的基本要素	391
19.1.1 GIS 模型的分类	391
19.1.2 建模过程	391
19.1.3 GIS 在建模中的作用	392
19.1.4 GIS 与其他建模程序的结合	392
19.2 二值模型	393
注释栏 19.1 保护区保护计划 (CRP)	395
19.3 指数模型	395
19.3.1 加权线性综合法	395
19.3.2 其他方法	396
注释栏 19.2 ArcGIS 9.0 中的地理处理工具 (Geoprocessing Tools)	399
19.3.3 指数模型的应用	399
19.4 回归模型	400
19.4.1 线性回归模型	401
19.4.2 指数回归模型	401
19.5 过程模型	402
19.5.1 土壤侵蚀模型	402
注释栏 19.3 RUSLE 中 6 个因素的解释	403
19.5.2 其他过程模型	404
19.5.3 GIS 与过程模型	405
重要概念和术语	405
复习题	406
应用: GIS 模型与建模	407
习作 1: 建立基于矢量的二值模型	407
习作 2: 建立基于栅格的二值模型	408
习作 3: 建立基于矢量的指数模型	408
习作 4: 建立基于栅格的指数模型	410
挑战性任务	411
参考文献	412
索引	416

第 1 章 绪 论

从 2004 年 8 月起，地理空间（geospatial）技术被美国劳动部列为最重要的三大新兴领域之一，与其并列的是纳米技术和生物技术。地理空间技术覆盖许多领域，其中包括遥感、地图制图、测绘和摄影测量。但是，若要在地理空间技术中将这些不同领域的数据整合起来，则需依靠地理信息系统。

本章内容共分五节：1.1 什么是地理信息系统（GIS）；1.2 地理信息系统的简史；1.3 地理参照数据；1.4 地理信息系统的操作；1.5 本书的结构；1.6 概念与实践。

1.1 什么是地理信息系统（GIS）

本节引入地理信息系统的概念，地理信息系统（GIS）是用于输入、存储、查询、分析和显示地理参照数据的计算机系统。地理参照数据也被称为地理空间数据，是用于描述位置和空间要素属性的数据，例如道路、宗地和地球表面的植被覆盖。GIS 这种处理和解决地理参照数据的能力将 GIS 与其他信息系统区别开来。本节还以实例介绍了地理信息系统在不同领域的应用及其特长，同时介绍解释了 GIS 的基本组成。

1.2 地理信息系统的简史

本节叙述了 GIS 的发展简史和 GIS 软件市场的主导产品——ESRI 公司的 ArcGIS。ArcGIS 的三个版本 ArcView、ArcEditor 和 ArcInfo 在功能上有所不同：ArcView 可以实现数据合并、查询、显示和分析功能，ArcEditor 添加了具有编辑的功能，而 ArcInfo 则在数据转换和分析方面拥有比 ArcView 和 ArcEditor 更强大的功能。

1.3 地理参照数据

本节着重阐释地理参照数据的特征。空间数据用于描述空间要素的空间位置，可能是离散或连续的。离散要素是指观测值不连续的要素，形成分离的要素，并可单个地识别。离散要素包括点要素（如井）、线要素（如道路）和面要素（如土地利用类型），道路和土地利用类型即是离散要素的例子。连续要素指观测值连续的要素，降水量和高程即是连续要素的例子。GIS 可以将这些地球表面的空间要素作为地图要素展现在平面上。这个转换包括两个主要问题：空间坐标参照系统和数据模型。在 GIS 操作中，为了使各个空间数据相互协调匹配，它们的地图图层必须基于相同的坐标系统。因此，对投影和坐标系统的理解极其重要。

使用不同的数据系统分别存储空间数据和属性数据，通常称之为地理相关模型。而基于对象数据模型则将空间数据和属性数据存储于统一的数据系统中。ESRI公司在ArcGIS中提出的地理数据库（geodatabase）数据模型，就是基于对象的。地理相关数据模型将属性数据和空间数据分别存入独立的系统。两个数据成分通过要素ID联接起来。基于对象数据模型将空间数据存储于单一的系统，并视其为属性中的一种，与其他属性一样。基于对象数据模型并不像属性数据与空间数据相分离的数据库系统所要求的那样，因此，减少了两个数据文件集之间的坐标参照和同步性的复杂性。同时，它也使GIS更加接近非空间信息系统，因为不再需要空间数据文件。无论空间数据和属性数据是存储于分离的或是单一的系统，关系数据库模型还是GIS中数据管理的标准模型。关系数据库是表的集合，也称关系表。各个表是通过键来建立彼此之间的连接的，键就是一个公共字段，它的属性值在表中能唯一地确定一条记录。利用关系数据库可以有效而且灵活地进行数据查询、数据检索、数据编辑和创建报表。

1.4 地理信息系统的操作

本节简介GIS的基本操作，归纳为空间数据输入、属性数据管理、数据显示、数据探查、数据分析和GIS建模。其中的数据探查、数据分析和GIS建模对于地理学家尤为重要。

数据探查常常是数据分析的前期工作，包括弄清数据中的大概趋势，更好观察并理解数据子集，以及关注数据集间的可能关系。

数据分析归并为七组（图1.8），前两组（矢量数据分析和栅格数据分析）包括了基本分析工具：针对矢量数据的缓冲区分析、地图叠置、距离量算、空间统计和地图操作，针对栅格数据的局域、邻域、分区和全局操作。地形制图手法包括等高线、剖面图、晕渲法、分层设色和3-D视图法，地形测量包括坡度、坡向和表面曲率的量算。地形分析包括通视分析和流域分析。空间插值是指用已知值的控制点来估算其他点的数值的过程，插值方法包括趋势面分析模型、泰森多边形、核密度估算、反距离权重、薄板样条和克里金等插值算法。地理编码能够将街道地址或者街道交点转换成点要素，动态分段可以在一个坐标系统中对参照数据进行线状划分。经过地理编码的数据对于犯罪行为制图和分析具有十分重要的作用，而经过动态分段的图层可以有效地用于管理和分析与公路相关的数据。路径分析旨在找出通过各个单元格累积耗费最少的路径，每个单元格的耗费由特定的栅格格网来定义。网络是由具有拓扑结构的线要素所构成的系统，用于表示诸如交通等物流的相应属性。最短路径分析是网络应用的一种，旨在找出通过网络上的点的时间或距离的最少累积耗费路径。路径分析是基于栅格数据并且是针对“虚拟”的路径进行分析，而最短路径分析是基于矢量数据且是在现存网络中进行分析工作的。

GIS建模指的是使用GIS和它的功能函数，对地理参照数据构建模型（如空间显示模型）。将GIS模型分为四组：二值、指数、回归和过程模型。

1.5 本书的结构

本书结构由七个部分组成：GIS 数据和数据模型（第 2~5 章），数据输入和管理（第 6~9 章），数据显示和探查（第 10~11 章），数据分析的核心部分（第 12~13 章），表面分析（第 14~16 章），线性分析（第 17~18 章），和 GIS 模型与建模（第 19 章）。

第 2 章讨论坐标系统，它是地理参照数据的必要基础。常用坐标系统包括横轴墨卡托投影、兰勃特等角圆锥投影、通用横轴墨卡托（UTM）格网系统和国家平面坐标（SPC）系统及其参数都将在该章讨论。第 3 章和第 4 章分别介绍地理相关数据模型和基于对象的数据模型。第 5 章以栅格数据模型为主，讨论不同类型的栅格数据、栅格数据结构、数据压缩和栅格与矢量数据之间的转换。

第 6 章描述在线数字化数据，元数据（关于数据的信息），数据转化以及从卫星影像、野外考察数据和纸质地图创建新的数据。第 7 章着重阐述新建数字化地图和卫星影像的几何转换，以及对转换结果的解释。第 8 章涵盖了与空间定位和拓扑错误有关的空间数据编辑。同时，第 8 章还讨论了空间数据的精度标准、边界匹配、线条简化和线条平滑等问题。第 9 章关注属性数据的输入和管理，包括关系数据库模型和设计、关系数据库实例和属性数据输入和操作。

第 10 章讨论数据显示和制图问题。该章以制图符号的基本操作开始，进而讨论地图类型、文本以及文本放置的位置、地图设计和地图成图。第 11 章概述数据探查，包括以下几个主题：探查性数据分析、属性数据查询、空间数据查询和基于地图的地理可视化。

第 12 和 13 章提供了进行 GIS 分析的基本工具和应用实例。第 12 章包括基于矢量的工具：缓冲区分析、叠置分析、距离量算、模式分析统计和地图操作与使用。第 13 章涉及到用于分析栅格数据以及附加数据提取与一般操作的几个部分：局域、邻域、分区和全局（实际距离量算）操作。第 13 章还设置了一节来阐述使用叠置分析和缓冲区分析的案例，对基于矢量和基于栅格数据分析进行对比。

第 14 章讲述地形制图与分析。地形制图包括等高线、剖面图、晕渲法、分层设色和透视图等方法。地形分析包括坡度、坡向和表面曲率的分析计算。本章所提供的实例是用高程格网或 TIN 进行地形分析，并且对不同的计算方法做了解释、举例和比较。第 15 章重点放在视域分析、流域分析及其应用。第 15 章还讨论了这两种分析方法的可选项和参数。第 16 章概述了空间插值，包括空间插值的基本要素、全局和局域方法、克里金法（Kriging）和交叉确认法（cross-validation）。在第 16 章中将通过一个小型数据集和实例来说明插值算法是如何运作的。

第 17 章讨论地理编码和动态分段。在 GIS 中，这两项技术都很流行，因为它们能将一个缺少 x 、 y 坐标值数据转换成点和线状要素。第 18 章对路径分析和网络应用进行阐述。其中提供的实例将对最短路径算法加以演示，先是以栅格数据格式进行，然后以矢量数据格式进行演示。第 17 和 18 两章通过它们所共同关注线性要素联系起来，而这些线性要素可以

作为操作过程中的参照数据或者输入数据。第 19 章对 GIS 模型与建模进行概述。在介绍完模型的分类、建模过程以及在建模过程中 GIS 所起作用之后，第 19 章将描述建立二值、指数、回归和过程模型的基本概念。该章还提供了各类模型在各领域应用的大量实例。

1.6 概念与实践

本书每一章均包括两个主要部分。第一部分涉及该章的主题和概念，第二部分涉及应用，通常有三到六个面向解决问题的习作任务。第一部分还附有注释栏、网站地址、重要概念与术语解释，以及复习题。应用部分为了强化学习进程而提供了分步骤的问题和指示，最后部分为一个挑战性问题，可以提高解决实际问题所必要的技巧。各章末附参考文献。

本节介绍了本书编著者的编写理念：强调概念与实践并重。GIS 概念解释了 GIS 操作的目的和目标，以及 GIS 操作之间的相互关系。例如，对地图投影概念有了基本理解后，我们才会明白为什么必须把要放在一起使用的地图图层都投影到同一个坐标系，为什么必须输入许多投影参数。关于地图投影的知识是始终需要的，它不会因为技术的改变而改变，也不会因为 GIS 软件包的更新而过时。GIS 是解决问题的工具。为了能正确、有效地应用这个工具，GIS 用户就必须能熟练运用它。尽管基于视窗的图形用户界面 GIS 软件比命令驱动的 GIS 软件大大改善了人机交互作用，但是它仍然要求我们组织和编排不同文件、菜单、按钮以及工具，并且知道何时和如何使用这些功能。要想熟练应用 GIS 工具，练习是唯一的方法。同时练习也能帮我们更好地理解 GIS 概念。

本书所用的许多数据集取自著者 18 年来在爱达荷大学 GIS 班的教学内容。练习指南与 ArcGIS 9.0 相关。除了第 18 章中的两个任务外，所有的任务都使用 ArcGIS Desktop 和以下几个扩展模块：Spatial Analyst、3D Analyst、Geostatistical Analyst 和 ArcScan。仅有两个任务需要用到 ArcInfo Workstation 来处理，即最短路径和定位与配置问题。若有 Network Analyst 扩展模块，那么这两个问题在 ArcGIS Desktop 下也不难解决。

本章涉及 23 个重要概念和术语；附有 15 个复习题。本章应用部分包括 3 个习作任务，分别为 ArcCatalog、ArcMap 和 ArcInfo Workstation 的入门。习作 1 介绍 ArcCatalog 和 ArcToolbox；习作 2 概述 ArcMap 和 Spatial Analyst 扩展模块；习作 3 是 ArcInfo Workstation 简介。本章的挑战性任务要求读者以 10 个高度带显示一个高程栅格文件，并将地图存于习作 2 的“.mxd”格式文件中。