

普通高等教育土木工程学科精品规划教材

地理信息系统原理 及工程应用

THE PRINCIPLES OF GEOGRAPHIC INFORMATION
SYSTEM AND ITS APPLICATION TO ENGINEERING

(专业任选课适用)

熊春宝 尹建忠 贺奋琴 编著



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

土木工程学科精品规划教材(专业任选课适用)

地理信息系统原理 及工程应用

THE PRINCIPLES OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM
AND ITS APPLICATION TO ENGINEERING

熊春宝 尹建忠 贺奋琴 编著



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书系统总结了已有地理信息科学的基本原理、地理信息技术的实践与应用成果,强调科学性、实用性与系统性相结合,内容丰富精练、简明易懂。

本书内容主要包括地理信息系统基本概念、GIS 数据结构、GIS 数据获取与处理、GIS 数据存储与管理、GIS 空间分析原理与方法、GIS 应用与服务、地下管线 GIS 开发与应用、水科学中 GIS 的应用、土木工程中 GIS 的应用、环境工程中 GIS 的应用和海洋港口海岸工程中 GIS 的应用。书中每章均配有练习题,以便引导读者更好地理解 and 掌握相关知识。

本书可作为高等院校 GIS、地理、测绘、市政管理、水利、环境、海洋、港口、海岸、资源、气象等专业的本科生和研究生教材,同时可作为相关科研工作者、单位专业管理人员与地理信息开发人员的参考书目。

图书在版编目(CIP)数据


地理信息系统原理及工程应用/熊春宝,尹建忠,贺奋琴
编著. —天津:天津大学出版社,2014. 7

普通高等教育土木工程学科精品规划教材. 专业任选课
适用

ISBN 978-7-5618-5116-6

I. ①地… II. ①熊… ②尹… ③贺… III. ①地理信
息系统—高等学校—教材 IV. TP208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 157724 号



出版发行 天津大学出版社
出版人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647
网 址 publish.tju.edu.cn
印 刷 廊坊市长虹印刷有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm × 260mm
印 张 13.5
字 数 337 千
版 次 2015 年 1 月第 1 版
印 次 2015 年 1 月第 1 次
印 数 1 - 3 000
定 价 36.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

普通高等教育土木工程学科精品规划教材

编审委员会

- 主任:顾晓鲁 天津大学教授
- 委员:戴自强 天津大学教授
- 董石麟 浙江大学教授
- 郭传镇 天津大学教授
- 康谷贻 天津大学教授
- 李爱群 东南大学教授
- 李国强 同济大学教授
- 李增福 天津大学教授
- 刘惠兰 天津大学教授
- 刘锡良 天津大学教授
- 刘昭培 天津大学教授
- 石永久 清华大学教授
- 沈世钊 哈尔滨工业大学教授
- 沈祖炎 同济大学教授
- 谢礼立 中国地震局工程力学研究所研究员


普通高等教育土木工程学科精品规划教材

编写委员会

主任:姜忻良

委员:(按姓氏汉语拼音排序)

毕继红 陈志华 丁 阳 丁红岩 谷 岩 韩 明
韩庆华 韩 旭 亢景付 雷华阳 李砚波 李志国
李忠献 梁建文 刘 畅 刘 杰 陆培毅 田 力
王成博 王成华 王 晖 王铁成 王秀芬 谢 剑
熊春宝 闫凤英 阎春霞 杨建江 尹 越 远 方
张彩虹 张晋元 郑 刚 朱 涵 朱劲松



总序

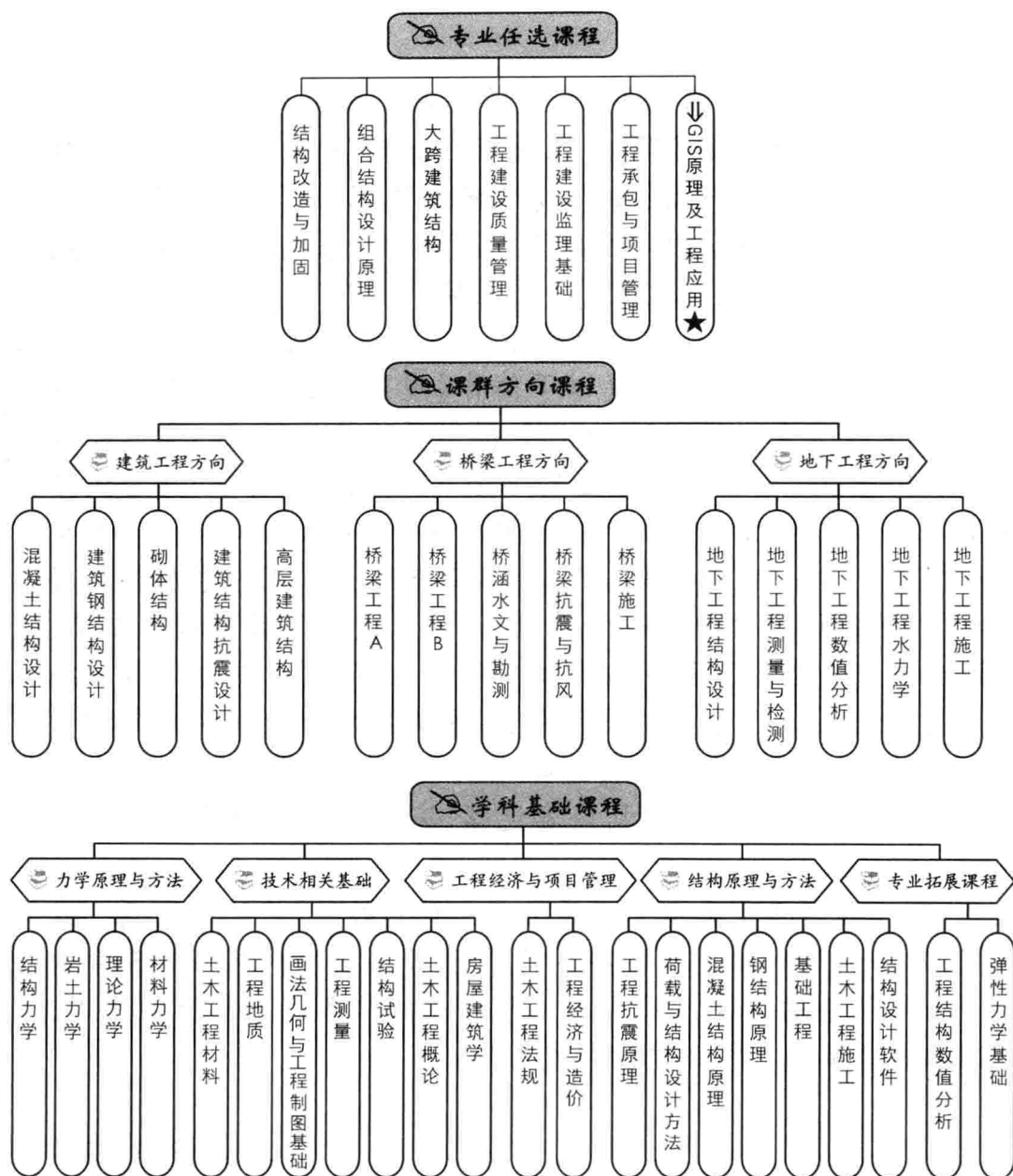
随着我国高等教育的发展,全国土木工程教育状况有了很大的发展和变化,教学规模不断扩大,适应社会对多样化人才的需求越来越紧迫。因此,必须按照新的形势在教育思想、教学观念、教学内容、教学计划、教学方法及教学手段等方面进行一系列的改革,而按照改革的要求编写新的教材就显得十分必要。

高等学校土木工程学科专业指导委员会编制了《高等学校土木工程本科指导性专业规范》(以下简称《规范》),《规范》对规范性和多样性、拓宽专业口径、核心知识等提出了明确的要求。本丛书编写委员会根据当前土木工程教育的形势和《规范》的要求,结合天津大学土木工程学科已有的办学经验和特色,对土木工程本科生教材建设进行了研讨,并组织编写了“普通高等教育土木工程学科精品规划教材”。为保证教材的编写质量,我们组织成立了教材编审委员会,聘请全国一批学术造诣深的专家作教材主审,同时成立了教材编写委员会,组成了系列教材编写团队,由长期给本科生授课的具有丰富教学经验和工程实践经验的老师完成教材的编写工作。在此基础上,统一编写思路,力求做到内容连续、完整、新颖,避免内容重复交叉和真空缺失。

“普通高等教育土木工程学科精品规划教材”将陆续出版。我们相信,本套系列教材的出版将对我国土木工程学科本科生教育的发展与教学质量的提高以及土木工程人才的培养产生积极的作用,为我国的教育事业和经济建设做出贡献。

丛书编写委员会

土木工程学科本科生教育课程体系





前言

地理信息科学与技术起源于20世纪60年代,其主要表现形式是计算机软件系统,用以处理空间数据、分析空间信息。经过50多年的发展,它在其他专业领域被接受的程度大大提高,并取得了很大成就。地理信息系统广泛应用于地理、测绘工程、市政管理、水利工程、环境监测、海洋工程、港口工程、海岸工程、资源管理、气象监测、交通运输以及政府各职能部门。

1992年地理信息科学之父 M. F. Goodchild 教授在《地理信息系统杂志》(*Journal of Geographical Information System*)上发表《地理信息科学》(*Geographical Information Science*)一文,最早提出了地理信息科学的概念。至此标志着地理信息系统从单纯的技术向交叉科学发展。*IJGISystem* 国际杂志于1996年更名为 *IJGIScience*,从侧面说明地理信息系统作为一门新型科学逐渐被广泛接受和认识。1999年, M. F. Goodchild 教授在《地理信息科学杂志》(*Journal of Geographical Information Science*)上发表了《瓦伦纽斯项目介绍》(*Introduction to the Varenius Project*)一文,系统地讨论了地理信息科学的研究领域以及需要解决的问题。在国内,中国科学院和中国工程院院士李德仁学者在2000年阐述了地球空间信息科学的7个理论问题。2004年1月 *NATURE* 刊登了文章 *Mapping Opportunities*,提出地学技术(Geotechnology)、纳米技术与生物技术将成为当今世界最具发展前景、最为重要和最为新兴的三大技术领域。在 Google Earth 推出以后,2006年2月 *NATURE* 刊登了文章 *The Web-Wide World*,讨论 Google Earth 以及 GIS 的未来发展。国际杂志 *NATURE* 发表这些文章,在 GIS 相关领域的影响可想而知,对于 GIS 今后的发展相信会有深远的影响。中国“十一五”和“十二五”863 专题领域中都设立了“地球观测与导航技术”领域,地理信息科学技术是其中一个重要的主题方向。

2009年7月3日,中国国家测绘地理信息局主办了以“加强地理信息应用服务,促进地理信息产业发展”为主题的全国地理信息应用成果及地图展览会。时任国务院副总理李克强同志参观了展览会并作了重要讲话。在讲话中对地理信息产业的发展前景及经济效益做出了精辟论述。地理信息产业发展前景十分广阔,在土木工程建设、交通物流、运输导航、工业生产、农业生产和居民生活等方面应用广泛;地理信息产业是一项高新技术产业,集数据采集与处理、信息管理与开发以及成果应用于一体。地理信息产业不仅与国民经济发展和人民生活高度相关,在国防建设中也发挥着重要的作用;地理信息产业涉及的技术含金量高、社会经济效益好,可以创造相当规模的社会就业岗位;地理信息产业在未来可预见的

时期内有巨大的增长潜力和空间,可以更好地服务社会、服务民生。时任国务院总理温家宝同志对地理信息科学与产业的发展也非常关心,在2011年3月5日的国务院《政府工作报告》中也曾明确指出,需要积极发展地理信息科学与技术等新型服务与产业。时任国务院副总理李克强同志在2011年12月17日做出过重要批示,围绕“十二五”主题主线,测绘地理信息科学工作需要加快加强建设三大平台。这三大平台主要包括数字中国、天地图和监测地理国情。地理信息的服务性在今后的研究和发展中需要进一步强化,坚持更好地服务于社会经济、服务于国民生产生活。由此可见,地理信息科学与技术在中国即将进入高速发展的阶段。

本书就是在这样的时代背景下编写的。编写过程中作者参阅了国内外大量的地理信息相关资料。这些资料包括地理信息科学相关的教材、专著和学术论文。编写过程中作者还总结了地理信息科学的教学和科研成果。全书共由十一章组成。天津大学熊春宝撰写了第1、2、3章,天津大学尹建忠撰写了第4、5、8、9章,天津理工大学贺奋琴撰写了第6、7、10、11章。最后由熊春宝教授统稿、审校和定稿。感谢天津大学苑希民教授提供了相关图片,感谢成都理工大学何政伟教授对本书的审阅和提出的修改建议,感谢地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室开放基金项目(SKLG2011K005)的资助!

本书可作为高等院校地理信息科学相关专业本科生和研究生的教材和辅助读物。相关科研工作者、单位专业管理人员和地理信息系统开发人员也可以将本书作为参考书目。本书还可以作为土木、水利、港口、海岸、海洋、环境、建筑等专业学生的选修和自修读物。

地理信息科学与技术发展迅速,而且很多原理和方法也正处于研究和探索阶段。由于作者的水平有限,书中难免出现错误和不合理之处,欢迎同行专家和读者不吝指正。

编著者

2014年5月

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 GIS的基本概念	(1)
1.1.1 地理信息	(1)
1.1.2 地理信息系统	(1)
1.2 GIS的体系结构环境	(3)
1.2.1 硬件环境	(3)
1.2.2 软件环境	(4)
1.2.3 网络环境	(4)
1.2.4 空间数据	(5)
1.2.5 模型方法	(6)
1.2.6 人员	(6)
1.3 GIS的分类	(6)
1.3.1 使用人员	(7)
1.3.2 数据结构	(7)
1.3.3 空间维数	(7)
1.3.4 运行环境和方式	(8)
1.4 GIS的功能与应用	(9)
1.4.1 GIS的功能	(9)
1.4.2 GIS的应用	(9)
1.5 GIS的研究内容及相关学科	(11)
1.5.1 GIS的研究内容	(11)
1.5.2 GIS的相关学科	(11)
1.6 GIS的发展与云GIS	(12)
1.6.1 GIS的发展	(12)
1.6.2 云GIS	(13)
练习题	(14)
第2章 GIS数据结构	(16)
2.1 概述	(16)
2.2 地理要素及其描述	(16)
2.2.1 地理要素	(16)
2.2.2 空间数据	(17)
2.2.3 空间关系	(18)
2.3 矢量数据结构	(21)
2.3.1 组织方式	(22)
2.3.2 无拓扑关系的编码	(23)

2.3.3 有拓扑关系的编码	(25)
2.4 栅格数据结构	(30)
2.4.1 组织方式	(31)
2.4.2 无压缩编码	(34)
2.4.3 压缩编码	(35)
2.5 空间数据结构比较	(38)
2.6 TIN 数据结构	(39)
2.7 三维数据结构	(40)
练习题	(41)
第3章 GIS 数据获取与处理	(44)
3.1 概述	(44)
3.1.1 GIS 数据源种类	(44)
3.1.2 GIS 数据获取的工作内容	(45)
3.2 空间数据获取	(46)
3.2.1 几何图形数据的获取	(47)
3.2.2 属性数据的获取	(52)
3.3 空间数据编辑	(55)
3.3.1 几何图形数据编辑	(55)
3.3.2 属性数据编辑	(56)
3.3.3 图幅拼接	(57)
3.4 拓扑关系的建立与编辑	(59)
3.4.1 点线拓扑关系的建立	(59)
3.4.2 多边形拓扑关系的建立	(59)
3.4.3 网络拓扑关系的编辑	(61)
3.5 空间数据转换	(61)
3.5.1 矢量数据转换为栅格数据	(61)
3.5.2 栅格数据转换为矢量数据	(62)
练习题	(62)
第4章 GIS 数据存储与管理	(64)
4.1 概述	(64)
4.2 数据库	(64)
4.2.1 数据库定义	(64)
4.2.2 数据库特征	(65)
4.2.3 数据组织方式	(66)
4.2.4 数据间的逻辑联系	(67)
4.2.5 数据模型	(68)
4.3 空间数据库	(72)
4.4 空间数据管理	(72)

4.4.1 矢量数据的管理	(73)
4.4.2 栅格数据的管理	(74)
4.5 空间数据库的数据查询	(74)
练习题	(75)
第5章 GIS 空间分析原理与方法	(77)
5.1 基本空间分析方法	(77)
5.1.1 空间叠合分析	(77)
5.1.2 空间缓冲区分析	(83)
5.1.3 数字地形分析	(85)
5.1.4 空间网络分析	(94)
5.2 其他空间分析方法	(98)
5.2.1 空间量算	(98)
5.2.2 空间分类	(100)
5.2.3 空间统计	(102)
5.3 空间数据查询	(102)
5.3.1 空间数据查询概述	(103)
5.3.2 属性查询	(103)
5.3.3 图形查询	(105)
练习题	(107)
第6章 GIS 应用与服务	(109)
6.1 成熟平台的专业应用与服务	(109)
6.1.1 GIS 需求	(109)
6.1.2 基础平台选择	(109)
6.1.3 数据采集与处理	(110)
6.1.4 空间分析	(110)
6.1.5 产品输出与显示	(110)
6.2 新开发平台的专业应用与服务	(123)
6.2.1 GIS 开发模式	(123)
6.2.2 可行性研究	(124)
6.2.3 开发模式和平台选择	(125)
6.2.4 系统设计	(125)
6.2.5 详细设计	(125)
6.2.6 系统开发	(126)
6.2.7 系统运行和维护	(126)
6.3 GIS 大众应用与服务	(126)
6.3.1 Web GIS 应用与服务	(127)
6.3.2 Mobile GIS 应用与服务	(130)
练习题	(132)

第7章 地下管线 GIS 开发与应用	(133)
7.1 系统目标和特性	(133)
7.1.1 系统目标	(133)
7.1.2 系统特性	(133)
7.2 可行性论证	(134)
7.3 需求调查与分析	(135)
7.3.1 需求调查	(135)
7.3.2 需求分析	(135)
7.4 系统设计	(136)
7.4.1 系统运行环境	(136)
7.4.2 系统总体设计	(136)
7.4.3 系统详细设计	(137)
7.4.4 数据库设计	(138)
7.5 数据获取与处理	(140)
7.5.1 数据获取与输入	(140)
7.5.2 数据处理	(142)
7.6 系统开发与实现	(145)
7.7 系统检核测试与验收	(146)
7.7.1 测量精度检核	(147)
7.7.2 系统运行测试	(148)
7.7.3 验收	(149)
练习题	(149)
第8章 水科学中 GIS 的应用	(150)
8.1 概述	(150)
8.2 水利工程与 GIS	(150)
8.2.1 水工建设与 GIS	(150)
8.2.2 防灾减灾与 GIS	(152)
8.3 水文水资源与 GIS	(155)
8.3.1 水文学与 GIS	(155)
8.3.2 水资源与 GIS	(156)
8.4 水环境与 GIS	(158)
8.5 水土流失与 GIS	(159)
8.5.1 RUSLE 侵蚀模型介绍	(159)
8.5.2 数据收集	(161)
8.5.3 GIS 建模	(162)
8.5.4 模型界面设置	(165)
练习题	(167)

第9章 土木工程中 GIS 的应用	(168)
9.1 概述	(168)
9.2 岩土工程与 GIS	(168)
9.2.1 工程地质勘察	(168)
9.2.2 岩土工程制图	(169)
9.2.3 土方量计算	(170)
9.3 管理设计与 GIS	(171)
9.3.1 辅助管理	(171)
9.3.2 道路设计	(172)
9.4 工程灾害监测与 GIS	(172)
9.4.1 地震危害性分析及损失评估	(172)
9.4.2 沉降监测	(173)
9.5 GIS 挖填方计算案例	(173)
9.5.1 数据采集	(173)
9.5.2 生成数字高程模型	(176)
9.5.3 填挖方量计算	(177)
练习题	(178)
第10章 环境工程中 GIS 的应用	(179)
10.1 概述	(179)
10.2 水体环境与 GIS	(179)
10.2.1 水污染控制	(179)
10.2.2 水体非点源污染	(180)
10.2.3 水质模型	(181)
10.3 大气环境与 GIS	(182)
10.3.1 大气污染控制管理	(182)
10.3.2 大气污染扩散空间分析	(183)
10.4 生态环境与 GIS	(184)
10.4.1 系统开发基础	(184)
10.4.2 总体设计	(184)
10.4.3 详细设计	(184)
10.4.4 数据库管理系统设计	(187)
10.4.5 系统实现	(187)
练习题	(187)
第11章 海洋港口海岸工程中 GIS 的应用	(188)
11.1 概述	(188)
11.2 海洋工程与 GIS	(188)
11.2.1 海洋水文	(188)
11.2.2 海洋污染	(189)
11.2.3 海洋运输	(190)
11.2.4 海洋地质	(190)

11.2.5	海洋渔业	(191)
11.2.6	海洋环境	(191)
11.3	港口工程与 GIS	(192)
11.3.1	港口规划建设管理	(192)
11.3.2	港口物流管理	(193)
11.3.3	港口航道管理	(193)
11.4	海岸工程与 GIS	(194)
11.4.1	海岸环境调查与动态监测	(194)
11.4.2	海岸地形测量与显示	(195)
11.5	海岸 GIS 设计与实现	(195)
11.5.1	建设海岸 GIS 的必要性	(195)
11.5.2	需求分析	(196)
11.5.3	系统建设目标	(196)
11.5.4	系统结构设计	(197)
11.5.5	系统数据库设计	(197)
11.5.6	系统功能设计	(198)
11.5.7	系统实现	(198)
	练习题	(199)
	参考文献	(200)

第1章 绪论

地理信息系统(Geographic Information System, GIS)既是一项技术,也是一门科学。本章将围绕地理信息系统的一些最基本的但又是非常重要的概念进行阐述,主要介绍 GIS 的基本概念、GIS 的体系结构环境、GIS 的分类、GIS 的功能与应用、GIS 的研究内容与相关学科、GIS 的发展与云 GIS 的一些基本概念,引导大家走进 GIS 世界,体会 GIS 的魅力。

1.1 GIS 的基本概念

1.1.1 地理信息

朗文辞典(*Longman Dictionary of Contemporary English*)对于“信息(Information)”一词是这样定义的: facts or details that tell you something about a situation, person, event, etc.。1928年, R. V. L. Hartley 在贝尔系统技术杂志(*Bell System Technical Journal*)第7卷第3期上发表了信息传输(*Transmission of Information*)一文,文中将信息定义为包含新内容和新知识的消息。C. E. Shannon 博士于1948年发表《通信的数学理论》,在该论文中认为用以消除随机不确定性的东西称为信息。美国数学家、控制论的奠基人 N. Wiener 于1948年在其《控制论:或关于在动物和机器中控制和通信的科学》一书中提出,信息是我们在适应外部世界、控制外部世界的过程中同外部世界交换的内容的名称。英国学者 Ashby 于1956年提出,集合的变异度可以理解为信息,客观事物本身具有变异度是信息的本质。意大利学者 G. Longo 于1975年提出,用以反映客观事物的构成、相互关系以及相互差别的东西可以理解为信息。目前,有不少学者认同“信息是反映事件的内容”的说法。可见,至今为止,对于信息的概念,仍然仁者见仁、智者见智。百度百科是这样解释的:信息,指音讯、消息,是通信系统传输和处理的对象,泛指人类社会传播的一切内容。人通过获得、识别自然界和社会的不同信息来区别不同事物,得以认识和改造世界。在一切通信和控制系统中,信息是一种普遍联系的形式。

地理信息(Geographic Information)是指地球表面客观地理物体、现象或事件时空分布的相关信息,它表示物体、现象、事件和周围环境固有的空间分布(质量、数量、位置、形状及空间关系等)和规律。地理信息具体的记录和表现形式包括数字、文字、图形、图像等资料。地理信息属于空间信息。

地理物体、现象或事件的空间分布特征主要包括位置、形状及相互空间关系等,也是地理信息与其他类型信息的本质区别。地理信息具有三个非常明显的特性,是地理信息的显著标志,这三个特性分别是空间定位、多维结构和时态变化。

1.1.2 地理信息系统

信息系统(Information System)是一种运行于计算机或其他终端的软件系统。它能够提供有用的信息,以便于人类做出决策。信息系统主要由计算机支持,使用计算机收集、存储、

管理、处理数据,进而生成信息,通过网络通信设备传输信息。计算机的诞生与发展,导致了一场信息革命。目前,计算机已经广泛而深入地应用于各个专业领域。信息系统是以计算机软硬件处理数据流,网络通信设备传输信息流的人机交互系统,其中数据源是信息系统运行的动力,信息用户是信息系统存在的根本。一个成熟、稳定、安全的信息系统主要包括计算机硬件、软件、数据、方法和人员五大要素(图1-1)。

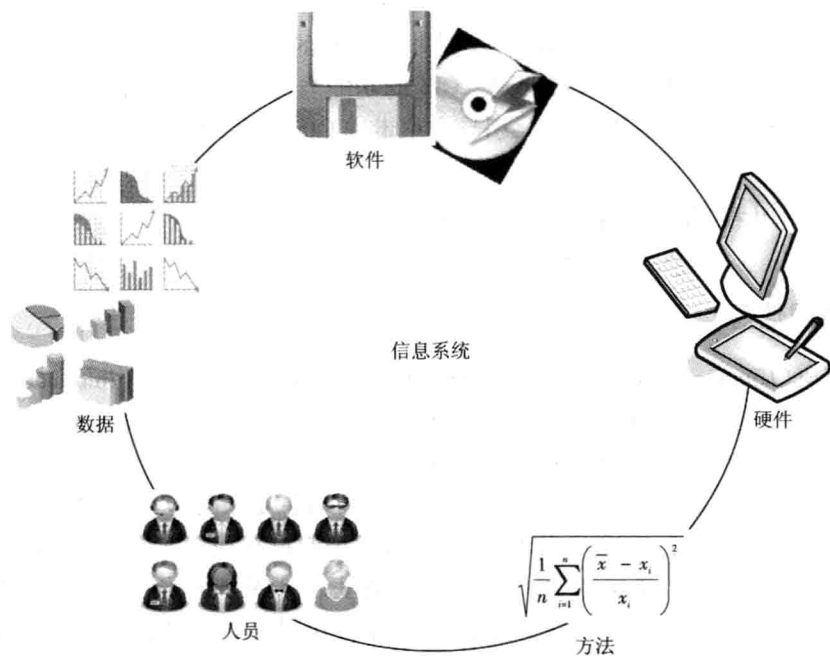


图1-1 信息系统要素

地理信息系统是具有处理空间数据和传输空间信息功能的一种特定的信息系统。地理信息系统是利用计算机软硬件和网络通信设备,对地理物体、现象或事件的相关空间分布的数据进行处理和分析,获取空间信息并传输的计算机信息系统。它一方面是处理地理数据的高新技术,另一方面又是跨学科的边缘交叉新型科学。其技术支持为计算机软硬件,科学基础是地学及相关学科的理论和方法。地理信息系统支持对地理物体、现象或事件的空间数据进行获取、建库、建模和分析,对空间信息进行传输和输出,以便在生产实践、规划管理和科学研究中解决复杂的决策支持和科学问题。

地理信息系统是信息系统的特例,信息系统的的所有特点在地理信息系统中都能得到体现。客观世界的地理物体、现象或事件在地理信息系统中被抽象成相应的地理要素。这些要素至少由空间位置和非空间位置两种数据组成,分别称为空间数据和属性数据。地理信息系统需要协同处理地理物体的空间数据和属性数据,从数据获取到信息输出的整个过程都需要协同处理,这是区别于其他信息系统的本质特征。

地理信息系统的直观表现是一个软件系统,运行于计算机或其他终端(手机、平板电脑等)硬件上,但其本质是采用地学相关科学方法,通过编写代码程序,将地理空间数据进行空间信息模型化。地理信息系统具有以下三个方面的重要特征。

1. 空间定位性

地理信息系统处理的是地理物体、现象或事件的空间数据,具备空间定位的特性,是区