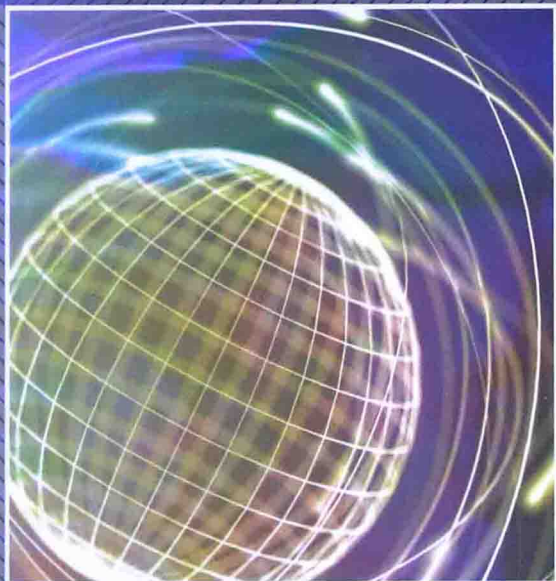




普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等学校教材



地理信息系统 设计与实现 (第三版)

*Design and Implementation of Geographic
Information Systems, Third Edition*

吴信才 主编 郑贵洲 张发勇 吴亮 副主编



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等学校教材

地理信息系统设计与实现

(第三版)

**Design and Implementation of Geographic
Information Systems, Third Edition**

吴信才 主编

郑贵洲 张发勇 吴亮 副主编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书从近年来 GIS 设计理论的发展和实际需要出发,以 GIS 设计和应用为主线,综合考虑信息技术的最新研究成果和作者多年的开发设计成果,系统地介绍了 GIS 设计的特点、方法、过程和实现技术,详细阐述了 GIS 的总体设计、功能设计、数据库设计及多个应用实例等内容,具体包括系统分析、系统总体设计、系统功能设计、系统数据库设计、GIS 实施与维护、GIS 测试与评价、GIS 项目管理与质量工程、GIS 标准化、GIS 开发模式、GIS 设计实例等。本书内容安排上首先介绍必需的地理信息系统设计理论和数据库基础理论等方面的基本知识,为后续章节内容的学习奠定必要的基础,再以通俗流畅的语言,结合地理信息系统的实际教学与开发经验,系统地介绍了多个地理信息系统开发实例。此外,每章的后面附有习题,有助于学生抓住重点、难点。本书免费提供配套电子课件,可登录华信教育资源网 www.hxedu.com.cn 注册后免费下载。

本书可作为地理信息系统、土地管理、城市规划等有关专业本科生和研究生的教材,也适合作为地球科学、信息科学以及相关专业的学生和科研人员的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统设计与实现/吴信才主编. —3 版. —北京:电子工业出版社,2015.4

高等学校教材

ISBN 978-7-121-24670-8

I. ①地… II. ①吴… III. ①地理信息系统-系统设计-高等学校-教材 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 254655 号

责任编辑:冉 哲

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市京南印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

开 本:787×1092 1/16 印张:17.25 字数:450 千字

版 次:2002 年 3 月第 1 版

2015 年 4 月第 3 版

印 次:2015 年 4 月第 1 次印刷

定 价:38.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

地理信息系统经过近 50 年的发展,已进入一个新的发展时期,出现了许多著名的商用软件。随着计算机的发展和数字化信息产品在全世界的普及,地理信息系统应用已深入到各行各业,其应用和产业发展已成为势不可挡的国际潮流。在我国,GIS 研制与应用起步较晚,但发展势头迅猛,经过几十年的努力,现已建立若干 GIS 研究机构和实验基地。中国地质大学(武汉)从 20 世纪 80 年代开始 GIS 的研究,率先研制成功中国第一套彩色地图编辑出版软件 MAPCAD,实现了彩色地图的输入、编辑、出版全过程计算机化,彻底改变了千百年来繁杂的手工制图状况,引起我国传统地图出版行业的重大变革,荣获国家科技进步二等奖。研制出具有自主知识产权的以国际最新的“第四代 GIS 技术”为特征的分布式超大型 GIS 平台 MapGIS,系统采用“面向服务”的最新设计思想,具有“纵向多层、横向网格”的分布式体系架构。打破了长期以来国外 GIS 软件一统天下的局面,结束了我国在超大型 GIS 工程上长期依赖国外软件的局面。在国家科技部主持的 GIS 测评中连续 10 年名列第一,成为国家推荐的首选 GIS 平台,再次荣获国家科技进步二等奖及国家重大科技成果奖。率先推出世界上第一个 GIS 搭建式开发平台,实现了“零编程、巧组合、易搭建”的可视化开发,极大地降低了软件开发门槛,使不懂编程的人员开发软件梦想成为现实,推动了人们从重视开发技术细节的传统开发模式向重视专业、业务的新一代开发模式转变,引发了 GIS 开发和应用领域的一场变革。

GIS 应用范围的扩大必将推动 GIS 技术的发展。目前从事 GIS 研究开发及应用的人员迅猛增加,GIS 在我国已显示出巨大的潜在市场,社会对 GIS 专业人才的需求日益增加。为了适应形势的要求,加速人才培养,中国地质大学(武汉)加快“地理信息系统”专业建设的步伐,在课程建设、师资培养、教材建设、实验室建设等方面都取得了可喜的成绩。本教材的编写是整个学科建设的一部分。本次修订希望能有助于培养地理信息系统高层次开发、管理、应用型人才。

本书第三版对全书的风格和结构做了重大调整,加入了最新的 GIS 设计方法和内容。并以 MapGIS 为例,介绍了 MapGIS 体系架构、地理数据库设计、GIS 开发模式和应用型 GIS 设计实例等内容。参加本书第三版编著的人员还有刘永、余国宏、陶留锋、胡茂胜、陈占龙、左泽均、郭明强等,他们长期从事地理信息系统软件的研究和应用开发,具有丰富的实践经验。

本教材中的案例在“十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAH06B00)中得到了验证。

本书免费提供配套电子课件,需要者可登录华信教育资源网 www.hxedu.com.cn 注册后免费下载。

由于时间紧迫,水平有限,难免出现错误和不足,敬请读者提出宝贵意见。

吴信才

目 录

第1章 概论	1	2.3.6 支持程度	37
1.1 GIS设计基础	1	2.3.7 进度预测	37
1.1.1 地理信息系统基本概念	1	2.4 系统分析的工具	37
1.1.2 地理空间数据组成特征	2	2.4.1 数据流程图	37
1.1.3 地理信息系统设计特点	3	2.4.2 数据字典	39
1.1.4 地理信息系统主要类型	4	习题	41
1.1.5 地理信息系统应用领域	6	第3章 GIS总体设计	42
1.2 GIS的设计方法	8	3.1 系统设计目标	42
1.2.1 结构化程序设计	8	3.1.1 确定目标的原则	42
1.2.2 原型化的设计方法	9	3.1.2 具体目标确定	43
1.2.3 面向对象的设计方法	9	3.2 总体设计原则	44
1.2.4 面向服务的设计方法	11	3.3 体系结构设计	44
1.3 地理信息系统设计内容	12	3.3.1 面向过程的体系结构	45
1.3.1 地理信息系统设计原则	12	3.3.2 面向系统的体系结构	45
1.3.2 地理信息系统设计内容	12	3.3.3 面向服务的体系结构	47
1.3.3 地理信息系统设计过程	14	3.3.4 MapGIS体系架构	50
1.4 地理信息系统二次开发	15	3.4 总体模块设计	55
1.4.1 GIS开发模式	16	3.5 软件、硬件配置	57
1.4.2 GIS开发方式	16	3.5.1 系统组网方案	57
1.4.3 GIS模型复用	19	3.5.2 硬件配置	58
习题	22	3.5.3 软件配置	60
第2章 GIS系统分析	23	3.6 应用模型设计	61
2.1 系统分析	23	3.6.1 应用模型特点	62
2.1.1 系统分析的任务	23	3.6.2 应用模型作用	62
2.1.2 系统分析的要求	24	3.6.3 应用模型分类	63
2.2 需求分析	24	3.6.4 模型建立方法	65
2.2.1 需求调查	25	3.7 地理编码设计	66
2.2.2 需求分析	30	3.7.1 地理编码的作用	66
2.2.3 需求文档编写	31	3.7.2 地理编码的原则	67
2.3 可行性分析	33	3.7.3 代码的种类	67
2.3.1 理论分析	34	3.7.4 代码的类型	70
2.3.2 技术水平	34	3.7.5 地理编码步骤	71
2.3.3 经费估算	35	3.8 用户界面设计	71
2.3.4 财力状况	35	3.8.1 用户界面的设计原则	71
2.3.5 社会效益	35	3.8.2 用户界面的主要风格	72

3.8.3	用户界面的设计过程	73	5.5.2	关系定义	126
3.8.4	用户界面的主要类型	73	5.5.3	有效性规则	127
3.8.5	用户界面设计评价	75	5.5.4	MapGIS 空间数据组织	130
	习题	75		习题	132
第4章	GIS 功能设计	76	第6章	GIS 实施与维护	133
4.1	功能设计的原则	76	6.1	系统实施的任务	133
4.2	功能模块设计	76	6.2	程序编写工作的组织管理与实施	134
4.2.1	总体功能模块设计	76	6.2.1	编写工作的组织管理	134
4.2.2	子功能模块设计	80	6.2.2	程序编写工作的实施	134
4.3	空间数据库功能设计	81	6.3	空间数据库建库	136
4.3.1	图形数据库的功能设计	82	6.3.1	数据准备和预处理	136
4.3.2	属性数据库的功能设计	84	6.3.2	数据采集	137
4.4	空间信息可视化与制图功能设计	85	6.3.3	数据处理	138
4.4.1	图形符号库管理与表现	85	6.3.4	空间数据库建库流程	139
4.4.2	动态可视化	86	6.4	程序的调试与安装	140
4.5	输入/输出设计	86	6.5	系统维护	140
4.5.1	输入设计	87	6.5.1	系统维护的内容	141
4.5.2	输出设计	89	6.5.2	系统维护的类型	141
4.6	GIS 功能设计实例	90	6.5.3	影响维护工作量的因素	142
	习题	93	6.5.4	系统维护的管理	143
第5章	GIS 数据库设计	94		习题	143
5.1	GIS 数据库设计概述	94	第7章	GIS 测试与评价	144
5.1.1	GIS 数据库设计概念	94	7.1	GIS 软件测试	144
5.1.2	GIS 数据库设计目标	95	7.1.1	GIS 软件测试概述	144
5.1.3	GIS 数据库设计原则	95	7.1.2	GIS 软件测试基础	145
5.1.4	GIS 数据库设计过程	96	7.1.3	GIS 软件测试过程	147
5.2	GIS 数据库设计	98	7.1.4	GIS 软件测试策略	151
5.2.1	概念模型设计	98	7.1.5	GIS 软件测试技术	154
5.2.2	逻辑模型设计	102	7.1.6	软件测试工具	156
5.2.3	物理模型设计	107	7.2	GIS 软件评价	157
5.3	空间数据组织和管理	112	7.2.1	软件功能评价	157
5.3.1	空间数据组织	112	7.2.2	系统总体功能评价	161
5.3.2	空间数据管理	117		习题	162
5.4	栅格数据存储和管理	119	第8章	GIS 项目质量管理	163
5.4.1	管理方案	119	8.1	GIS 项目管理	163
5.4.2	组织形式	120	8.1.1	项目申请与立项	163
5.4.3	存储结构	120	8.1.2	项目管理范畴	163
5.5	MapGIS 地理数据库设计	121	8.1.3	GIS 项目估算	164
5.5.1	面向实体空间数据模型	121	8.1.4	GIS 项目进度安排	166

8.1.5 GIS 项目追踪与控制	169	10.1.3 插件式平台的特点	195
8.2 GIS 软件质量保证	169	10.1.4 应用开发示例	196
8.2.1 质量管理指标	169	10.2 搭建式开发	197
8.2.2 质量检测与质量确定	170	10.2.1 概述	197
8.2.3 质量控制	170	10.2.2 搭建式平台技术框架	198
8.2.4 组织职能	171	10.2.3 搭建式平台的特点	200
8.3 ISO 9000 质量体系与 CMM		10.2.4 应用开发示例	200
模型	171	第 11 章 应用型 GIS 设计实例	203
8.3.1 ISO 9000 系列标准	171	11.1 公共交通信息管理系统	203
8.3.2 CMM 模型	172	11.1.1 概述	203
8.3.3 ISO 9000 与 CMM 比较	173	11.1.2 系统分析	203
习题	173	11.1.3 系统总体设计	205
第 9 章 GIS 标准化	174	11.1.4 系统功能设计	208
9.1 引言	174	11.1.5 系统实现	209
9.2 GIS 标准化的作用	175	11.2 税务电子政务平台	215
9.3 GIS 标准化体系	176	11.2.1 概述	215
9.3.1 制定标准体系的目的和		11.2.2 系统总体设计	216
意义	176	11.2.3 系统功能设计	216
9.3.2 GIS 标准体系编制原则和		11.2.4 数据库设计	226
方法	177	11.2.5 系统实现	233
9.3.3 GIS 标准的主要内容	178	11.3 水利综合分析预警系统	240
9.4 国外 GIS 标准化	178	11.3.1 概述	240
9.4.1 国外 GIS 标准化现状	178	11.3.2 需求分析	241
9.4.2 国外 GIS 标准化体系	180	11.3.3 系统总体设计	241
9.5 国内 GIS 标准化	187	11.3.4 系统功能设计	242
9.5.1 国内 GIS 标准化现状	187	11.3.5 系统实现	244
9.5.2 国内 GIS 标准化体系	188	11.4 常州市园林绿化 GIS 系统	254
习题	192	11.4.1 概述	254
第 10 章 GIS 开发模式	193	11.4.2 系统设计	255
10.1 插件式开发	193	11.4.3 系统搭建	257
10.1.1 概述	193	11.4.4 系统功能	263
10.1.2 插件式平台技术框架	194	参考文献	267

第 1 章 概 论

人类在 21 世纪已全面进入信息时代,有关地球科学问题的研究需要以信息科学为基础,并以现代信息技术为手段。地理信息系统是与人类生存、发展、进步密切相关的一门信息科学与技术,是地球空间信息科学的重要组成部分,是信息产业的重要支柱,它被广泛应用于国民经济的许多部门,如城市规划设计、资源环境管理、生态环境监测与保护、地质勘探测量、城市管网、配电网、灾害监测防治等领域,越来越受到人们的重视。各国已经制定了不少耗资巨大的地理信息系统研制计划,随着工具型地理信息系统软件不断成熟,人们开始把目光转向应用型地理信息系统的设计与开发。

1.1 GIS 设计基础

1.1.1 地理信息系统基本概念

1. 信息

信息是近代科学的一个专门术语,已广泛应用于社会各个领域,信息概念已渗入信息论、控制论、生物学、管理科学等许多领域。关于信息有各种不同的定义,狭义信息论将信息定义为“两次不定性之差”,即指人们获得信息前后对事物认识的差别;广义信息论认为,信息是主体与外部客体之间相互联系的一种形式,是主体和客体之间的一切有用的消息和知识,是表征事物特征的一种普遍形式。在信息系统中,信息是向人们或机器提供的关于现实世界各种事实的知识,是经过加工后的数据,是数据、消息中所包含的意义,它不随载体的物理设备形式的改变而改变。

2. 地理信息

地理信息是指与地理空间分布有关的信息,它是表示地表物体和环境固有的数量、质量、分布特征、联系和规律的数字、文字、图形、图像等的总称。

地理信息属于空间信息。它与一般信息的区别在于,它具有区域性、多维性和动态性。区域性是指地理信息的定位特征,且这种定位特征是通过公共的地理基础来体现的,例如,用经纬网或千米网坐标来识别空间位置,并指定特定的区域;多维性是指在二维空间的基础上实现多个专题的第三维结构,例如,在一个地面点上,可取得高程、污染、交通等多种信息;动态性是指地理信息的动态变化特征,即时序特征,从而使地理信息能够以时间尺度划分成不同时间段的信息,这就要求及时采集和更新地理信息,并根据多时相数据和信息来寻找时间分布规律,进而对未来做出预测和预报。

3. 信息系统

信息系统是具有采集、处理、管理和分析功能的系统,它能为企业部门或组织的决策过程

提供有用信息。在信息社会中，我们所说的信息系统大部分都由计算机系统支持，信息系统不只是单纯的计算机系统，而是辅助企业管理的人机系统。随着计算技术的发展，不同领域的各种信息系统相继出现，如图书情报信息系统、商业服务管理信息系统、财务管理信息系统、学籍管理信息系统等。

4. 地理信息系统

地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 这一术语是 1963 年由 Roger F. Tomlinson 提出的，20 世纪 80 年代开始走向成熟，但对 GIS 没有统一的定义。不同的研究方向，不同的应用领域，不同的 GIS 专家，对它的理解是不一样的。有人认为，GIS 是以计算机为工具，具有地理图形和空间定位功能的空间型数据管理系统；也有人认为，GIS 是在计算机硬件和软件支持下，运用系统工程和信息科学理论，科学管理和综合分析具有空间内涵的地理数据，以提供对规划、管理、决策和研究所需信息的空间信息系统；中国地质大学吴信才教授认为，GIS 是处理地理数据的输入、输出、管理、查询、分析和辅助决策的计算机系统。虽然这些定义不同，但基本内容大同小异。仔细分析一下，会发现所有定义都是从三个方面考虑的：① GIS 使用的工具：计算机软、硬件系统；② GIS 研究对象：空间物体的地理分布数据及属性；③ GIS 数据建立过程：采集、存储、管理、处理、检索、分析和显示。地理信息系统的主要特征是存储、管理、分析与位置有关的信息，因此地理信息系统也可以这样定义：GIS 是在计算机软、硬件支持下，以采集、存储、管理、处理、检索、分析和显示空间物体的地理分布数据及与之相关的属性，并以回答用户问题等为主要任务的技术系统。

1.1.2 地理空间数据组成特征

1. 基础性与共享性

人口过剩、环境污染、森林破坏、自然灾害、流行疾病、寻找最适合某种作物生长的土壤、查找最佳行车路线等，都与地理因素有关。据悉，80% 的信息都与空间位置相关。地理空间数据是数据库的基础，是其他数据库的一个重要组成部分，也就是说，在进行军事数据库、政务数据库、财经数据库、资源数据库、人口数据库等的建设时，往往离不开地理空间数据。

所有空间信息使用同一种规范或标准进行表达，这使得与空间信息打交道的人员可以使用同一种语言进行交流。在整个互联网环境下搭建一个畅通无阻的流通平台，使信息的交流与共享变得更加便捷，较好地解决了海量地理信息存储的不便，大大扩展了空间信息的共享范围。借助空间数据库系统，空间信息的应用范围更加广泛，实效性更能得到保障，准确性得以提高，信息的共享程度得到加强。

2. 随机性与模糊性

空间数据复杂性的一个特征就是不确定性，即模糊性。模糊性主要指介于有序和无序之间或无序与有序并存的现象，以及介于清楚和模糊之间或清楚和模糊并存的现象，表明事物性态或类属上的亦此亦彼性、中介过渡性，亦即对于事物是否具有某种性态，是否属于某个类别的问题，不能做出非此即彼的明确结论。模糊性几乎存在于各种类型的空间信息中，如空间位置的模糊性、空间相关性的模糊性以及模糊的属性值等。随机性描述事件发生的不确定性（某事件或者将发生或者不发生），数据不确定性是数据“真实值”不能被肯定的程度。传统的不确定性方法存在不足。概率统计通过概率考察随机事件发生的随机可能性，模糊集采用隶属度

描述元素对概念的隶属模糊性，粗集则以自己的上近似集和下近似集为基础，把包括二者在内的所有不确定位置之边界集笼统考虑。在空间数据挖掘和知识发现中，是像传统的经典数学一样同时抛弃随机性和模糊性？是像概率统计一样仅仅考虑随机性而不考虑模糊性？还是像模糊集仅仅考虑模糊性而不考虑随机性？或者像粗集一样把随机性和模糊性笼统考虑，而留下一个难以解决的边界集问题呢？因此，需要引入新的理论与有效的方法去研究空间数据所具有的不确定性。同时，数据的属性空间分布、属性不确定性描述指标的建立以及定性数据与定量数据的转换等问题都有待深入探讨。

3. 复杂性与多样性

空间数据源数据量大，时空类型不一致，数据噪声大。它既有空间特征（地学过程或现象的位置与相互关系），又有属性特征（地学过程或现象的特征）。空间数据不仅数据源丰富多样（如航天航空遥感、基础与专业地图和各种经济社会统计数据），而且结构复杂，且空间分辨率不断提高。这些数据源中的数据可能具有不同的数据格式和意义，为有效地传输和处理这些数据，需要对结构化或非结构化数据的集成进行深入的研究。随着对地观测计划的不断发展，每天可以获得上万亿兆字节的关于地球资源、环境特征的数据，使得对海量空间数据组织、处理和分析成为目前 GIS 亟待解决的问题之一。地理信息系统要处理比文字、数字等更复杂的地理空间数据。

4. 区域性与多层性

地理信息系统一般都针对特定的地理区域，或者说与特定的地理区域相联系，以地理空间数据和信息为处理对象；而地理空间数据和信息又通常以区域为单位来组织。因此，区域性是地理空间数据的天然特征，特别是进行区域研究的 GIS，如“陕西省生态环境数据库系统”、“塔里木河水资源管理信息系统”、“西安市房地产管理信息系统”等，系统名称前往往都冠以区域名称，指明了系统的区域性。区域沿地球表面展开，地球表面如此广阔，人们通常将地球表面分成很多的图幅来制图，以致区域的分布及特点常需要若干幅水平相接的地图来表达。这一特点导致地理信息系统的数据处理必须具备图幅接边和读图剪切等功能，而数据组织管理中需要有图幅管理或图库管理的功能。

地理空间数据还具有鲜明的层次性，而且其层次性包含两种含义。第一，不同比例尺的区域层次。地球上的区域层次是很多的，例如，从我国的小村庄，到乡镇、县（市）、地区、省、大区、国家，直到七大洲。不同的区域层次的地图必须采用不同的比例尺。第二，描述不同地理要素的专题层次或图层。专题图层相当于地图学中的专题地图，同一区域或同一图幅可以有多种专题图，如杭州市范围的交通旅游图、环境保护图、土地利用图、城市规划图等。在地理信息系统中，不同要素的地理空间数据也常常分别加以组织，形成同一区域的多重图层或专题数据层次，或用以加强显示的功能和灵活性，或基于它们进行多因子叠合分析。

1.1.3 地理信息系统设计特点

地理信息系统是管理信息系统（MIS）技术的扩展，相对于早期的管理信息系统，地理信息系统涉及更多的学科、更宽范围的综合对象和更复杂的技术，正因为如此，地理信息系统也就涉及更复杂的技术方法和更高质量的数据要求，并对计算机软、硬件也有相对较高的要求。因而，地理信息系统的设计具有其自身独有的一些特点。

(1) 地理信息系统处理的是空间数据，具有数据量大、实体种类繁多、实体间的关联复

杂等特点。GIS 远比一般的 MIS 更复杂。除一般统计数据外，GIS 的设计更需要处理各种类型的地理空间数据（如遥感影像数据、矢量地图数据、GPS 定点采集数据、图形图像数据和声像等多媒体数据），其设计方法和设计工具也较一般的 MIS 更灵活和多样。因此，在 GIS 设计过程中，不仅需要对系统的业务流进行分析，更重要的是，必须对系统所涉及的地理实体类型以及实体间的各种关系进行分析和描述，并采用相关的地理数据模型进行科学的表达。

(2) 地理信息系统处理的数据与地球空间位置有关，也就是说，GIS 必须以地理坐标作为参照构筑整个数据信息的结构框架。而管理信息系统处理的数据大多是属性数据，与空间位置无关，因而，GIS 空间数据库设计必须以位置为参照，考虑空间数据基准和地图投影等其他问题，保证与应用相适应的空间数据精度。

(3) GIS 研究对象是与空间位置有关的空间数据与属性数据，GIS 是对现实世界系统的抽象和表达，由于现实世界系统的多变量、时变性和复杂性，因而 GIS 设计是一项复杂的系统工程，需要面对复杂大系统的分解与协调技术，系统分析方面的工作量非常巨大。

(4) GIS 设计以空间数据为驱动。GIS 从某种意义上说就是一种空间数据库，GIS 的功能是为空间数据库提供服务的，其主要任务是空间数据分析统计处理并辅助决策。因此，与一般软件以业务为导向建设系统的思想不同，GIS 设计以数据为导向进行系统建设，系统的功能设计以提高数据的存储、分析和处理效率为原则。

(5) GIS 工程投资大，周期长，风险大，涉及的部门繁多。因此，在 GIS 设计中，项目计划管理是一个十分重要的部分。在项目计划管理中，需要完成以下工作：估计系统建设的投资效益，评估系统建设的风险性和必要性；确定系统的建设进度安排，保证系统建设的高效性；建立系统建设的组织机构并进行人员协调等。

1.1.4 地理信息系统主要类型

1. 工具型地理信息系统

工具型地理信息系统也称为地理信息系统开发平台或外壳，它具有地理信息系统的通用功能，如对各种地理空间数据进行输入、处理、管理、查询、分析和输出，是可供其他系统调用或允许用户进行二次开发，以建立应用型地理信息系统的操作平台，其特点如下：对计算机硬件适应性强，数据管理和操作效率高、功能强，具有普遍性和易于扩展性，操作简便且容易掌握等。目前，国外已有很多商品化的工具型地理信息系统，如 ArcGIS、GenaMap、MapInfo、MGE、GeoMedia 等。国内近几年正在迅速开发工具型地理信息系统，并取得了很大的成绩，如 MapGIS、SuperMap、GeoStar、Citystar 等。

地理信息系统是一个复杂庞大的空间管理信息系统，用地理信息系统技术解决实际问题时，软件开发任务的工作量很大。如果用户都从底层进行开发，那么对人力、物力、财力是很大的浪费，也会延长软件的开发周期。工具型地理信息系统为地理信息系统的使用者提供一种技术支持，使用户能借助地理信息系统中工具的功能直接完成应用任务，或者利用工具型地理信息系统加上专题模型，完成应用任务。

工具型地理信息系统，特别是先进、技术含量高的流行商品地理信息处理平台，在很大程度上可以满足一般用户的应用要求，但其面向的是 GIS 的理论与技术，对用户的专业问题针对性不强。只有对 GIS 理论和技术方法熟练掌握的专业用户，才能够自如地解决自己的专业应用问题，而一般用户则难以直接使用。

另外，从用户应用角度来看，用户建立自己的 GIS 应用，未必一定要用到专用的工具型地

理信息系统。但在实践中,由于地理信息系统毕竟是一类复杂、先进的高技术,开发一个实用的地理信息系统,需要涉及GIS的有关理论、技术、方法、技术规范和数据标准等方方面面的内容,还要求掌握软件工程、空间数据结构、空间数据库技术、GIS应用分析模型及其算法等,因而,除非特别需要,用户从时间、精力、投资、技术力量等多方面考虑,都不会选择从底层做起,而乐于使用专门的GIS开发工具。一些长期从事地理信息系统技术开发的企业或组织,则可能利用他们长期的开发经验和技術积累,从事地理信息系统开发方面的技术服务,成为地理信息系统(或基础软件)的专门开发商。

2. 应用型地理信息系统

虽然目前已有众多的工具型地理信息系统软件,但它们通常只具有地理信息系统的一些通用功能,不能满足不同行业应用的需要。随着地理信息系统应用领域的不断扩展,应用型地理信息系统的开发工作日益重要。应用型地理信息系统就是与特定的地理区域相联系的地理信息系统,是根据用户的需求和应用目的而设计的一种解决一类或多类特定应用问题的地理信息系统,除了具有地理信息系统的基本功能外,还具有解决地理空间实体与空间信息的分布规律、分布特性及相互依赖关系的应用模型和方法。它可以在比较成熟的工具型地理信息系统基础上进行二次开发,增加解决一类或多类实际应用问题的应用模型和方法,因而工具型地理信息系统是建立应用型地理信息系统的一条捷径;也可以是为某专业部门专门设计研制的,此类系统针对性明确,专业性强,系统开销小。应用型地理信息系统一般都具有更为明确的应用目的和使用对象。例如,“塔里木河水资源管理信息系统”,明确指明其应用目的就是管理塔里木河的水资源,它的使用对象只能是对塔里木河水资源具有检查、规划、协调与调配权力的国家或地方机构。应用型地理信息系统按研究对象性质和内容又可分为专题地理信息系统和区域地理信息系统。

(1) 专题地理信息系统

专题地理信息系统(Thematic GIS)是具有有限目标和专业特点的地理信息系统,为特定专门目的服务。这一类地理信息系统的应用范围、用户对象一般都比较明确,并且有很强的专业性,如水资源管理信息系统、矿产资源信息系统、房地产管理信息系统、森林动态监测信息系统、农作物估产信息系统、水土流失信息系统、草场资源管理信息系统等。中地公司研制的地籍管理地理信息系统、土地利用信息系统、环境保护和监测系统、城市管网系统、通信网络管理系统、配电网管理系统、城市规划系统、供水管网系统等都属于应用型地理信息系统。

(2) 区域地理信息系统

区域地理信息系统(Regional GIS)主要以区域综合研究和全面信息服务为目标。它一般作为社会公用的信息服务项目,没有针对性很强的专业应用目的和固定的用户对象,并且具有一个大而全面的数据库系统支持,涉及区域的自然、资源、环境和社会经济的方方面面,因而也适用于更多的应用部门和更广泛的用户群体。区域地理信息系统可以有不同的规模,如国家级的、地区级的或省级的、市级的或县级的等,这些系统是为不同级别行政区服务的区域信息系统。另外,也存在以自然分区或流域为单位的区域信息系统,如加拿大国家地理信息系统、日本国土信息系统等是面向全国的,属于国家级的系统;黄河流域地理信息系统、黄土高原重点产沙区信息系统等是面向一个地区或一个流域的,属于区域级的系统;还有许多实际的地理信息系统是介于上述二者之间的区域性专题信息系统,如北京水土流失信息系统、上海市环境管理信息系统、海南岛土地评价信息系统、河南省冬小麦估产信息系统、铜山县土地管理信息系统等是面向地方的,属于地方一级的系统。

1.1.5 地理信息系统应用领域

目前，以空间数据库为核心的地理信息系统的应用已经从解决道路、输电线路等基础设施的规划和管理，发展到更加复杂的领域，地理信息系统已经广泛应用于环境和资源管理、土地利用、城市规划、森林保护、人口调查、交通、地下管网、输油管道、商业网络等各个方面的管理与决策。

1. GIS 在交通领域中的应用

交通信息与地理空间信息息息相关，因此，交通领域必然是 GIS 的重点应用领域之一，交通地理信息系统由此应运而生。GIS - T (Geographical Information Systems for Transportation, 交通地理信息系统) 是收集、存储、管理、综合分析和处理空间信息及交通信息的计算机系统，它把 GIS 和 ITS (Intelligent Transportation Systems, 智能交通系统) 有机结合成一体，是 GIS 技术在交通领域的延伸，是 GIS 与多种交通信息分析和处理技术的集成。交通地理信息系统具有精度要求高、规则复杂、动态化、离散化等特点，原有的信息技术已经不能完全满足交通应用的需求，而借助于 GIS 的强大功能，可以适应交通信息化时代的要求。交通地理信息系统凭借其强大的交通信息服务和管理功能，必将促进交通规划、建设、管理以及智能交通的发展。

2. GIS 在市政工程中的应用

GIS 在市政工程建设方面可为政府和企业提供极为有力的管理、规划和决策工具，主要用于公共供应网络（电、气、水、废水）、电信网络、交通领域、区域和城市规划、市区设计、道路工程等。例如，贝鲁特利用 GIS 分析它的电力线路以减少损失、提高电压。GIS 用来模拟能达到最优电力效益的设施布置措施。美国新墨西哥州也利用 GIS 来管理其公共服务设施布局，并维护长达 2500 英里的电力输送。丹麦能源部正在建立全国每幢建筑中能源用量的数据库。这种信息对于规划发电站和设计分布体系非常重要。

3. GIS 在资源评价中的应用

GIS 在土地和资源评价管理中，广泛应用于土地管理、水资源清查、矿产资源评价（矿产预测、矿产评价、工程地质、地质灾害）。例如，埃及人口增长和农业扩张对水资源管理提出了新的要求。埃及政府建立了一个对尼罗河水道、运河、排水沟和泵站进行管理的系统。在美国佛罗里达州，水压计算模型用来减轻公共厕所下水道水量溢出的情况。当暴雨来临时，卫星影像用来估计降雨量并对下水道泵站的工作提供必要的帮助。

4. GIS 在精准农业中的应用

精准农业 (Precision Agriculture) 是 20 世纪 80 年代初国际农业领域发展起来的一门跨学科新兴综合技术。其特点是通过 3S 技术和自动化技术的综合应用，按照田间每块操作单元上的具体条件，相应调整物资投入，达到减少投入、增加收入、保护农业资源和改善环境质量的目的。地理信息系统便于建立农田管理、土壤数据、自然条件、作物苗情、病虫害发展趋势、作物产量等的空间信息数据库，以及进行空间信息的地理统计、处理分析、图形转换与表达

等，为分析差异性和实施调控提供决策方案。将表现土地利用的卫星影像与厄尔尼诺的气象波动模型相结合可以预测对农业的影响。将 GPS（全球定位系统）接收器与便携式 GIS 软件相结合，可以实时、准确地为农业生产提供某地化学物质的浓度。

5. GIS 在生态和环保中的应用

可以充分利用 GIS 技术实现对生态环境各要素的综合与分析，利用 GIS 对生态环境进行数据处理与空间分析，实现生态环境信息分析的空间与属性信息一体化分析与综合处理的功能，实现对生态环境监测与生态环境演变的动态模拟、区域生态环境治理、生态环境动态监测、生态环境评价、生态环境管理与规划、生物多样性研究、水土保持。在肯尼亚，通过 GIS 可以显示出，大型哺乳动物在雨季都散布在热带稀疏草原上，而在旱季则集中在盆地。理解哺乳动物的季节迁移模式对于管理野生动物和牲畜的水资源分配非常重要。在美国加利福尼亚州的 Santa Catalina 岛，GIS 被用来评估生态成本和泥土路的效益。道路虽然为生态管理提供通路，但同时又破坏了生态景观，因此在生态环境方面它的存在与否很难做出决断。

6. GIS 在环境评价与监测中的应用

在环境评价和监测方面，GIS 主要用于环境影响评价、污染评价、灌溉适宜性评价、灾害监测（森林火灾、洪水灾情、救灾抢险等）、生态系统的研究、生物圈遗迹管理、自然资源管理等。它能够有效地管理具有空间属性的多种环境监测信息，对监测管理和实践模式进行快速和重复的分析测试，从而便于制定决策，进行科学与政策标准评价，有效地对多时期的环境状况及生产活动变化进行动态监测和分析比较，将数据收集、空间分析和决策过程综合为一个共同的信息流，明显提高工作效率，为解决资源环境和保障可持续发展提供技术支持。例如，在加拿大，水力污染运输模型被用来模拟不同情况下多污染源的影响。

7. GIS 在卫生保健中的应用

GIS 作为一种空间分析技术手段，具有强大的时空分析功能，越来越广泛地应用于卫生保健研究领域，使深入揭示疾病病因和健康问题的时空分布规律以及对病情实时监控和决策成为可能。中国的卫生健康部门，适应信息社会及信息高速公路的发展，正在实施“金卫工程”，目标是准确、快速地为人民群众提供各类医疗保健信息。美国加利福尼亚州要求县政府报告门诊患者卫生保健中产生的文化和种族问题，GIS 用来表现地理、社会经济、人口统计以及卫生保健设施的数据。大学里的研究人员也利用 GIS 来分析罕见疾病的流行情况，并估计个人感染的环境危险系数。在美国科罗拉多州，体重过轻的婴儿的百分比高出了全国平均值，GIS 用来调查其原因，如年龄、种族、教育、身高及对公共卫生服务设施的获取情况。卫生保健事业的发展，迫切需要建立综合的公共卫生健康监测与控制系统，这种系统将由于 GIS 技术的介入而面貌焕然一新。

8. GIS 在电信业中的应用

随着电信业务的发展，必须建立一套完善的电信网络资源管理体系，GIS 在电信系统中发挥着重要的作用。在哥伦比亚，光纤干线网络通过 GIS 数据库可以很容易地查看。在该数据库中，每个网络部件要素都被记录在案。在印度尼西亚，用 GIS 研究广播站的位置、听众人数以及设备的维护等，并以此来管理广播电话。电信咨询公司使用土地利用与土地覆盖数据来预测无线通信系统信号衰减情况。

9. GIS 在智能防御中的应用

用信息化提升机械化，最大限度地发挥现有各级武器装备的资源潜力，是国防建设的重要目标之一。指挥自动化是军队信息化的主体，指挥自动化系统是信息时代军事斗争的基础设施。GIS 通过其强大的数据处理与分析能力，以及图文兼备的分析报告，可以保证指挥员迅速做出决策，提高作战效率。美国空军利用 GIS 技术来管理、维护和可视化数以百万计的气候记录。瑞典军队为改善军事计划，在这一方面做过更深入的工作，他们把军用和民用目标用不同的符号分别表示出来。加拿大军队则有定制的 GIS 软件并将其与陆军的命令系统结合起来应用。

1.2 GIS 的设计方法

1.2.1 结构化程序设计

结构化程序设计被称为软件发展中的第三个里程碑，其影响比前两个里程碑（子程序、高级语言）更为深远。结构化分析是面向数据流开展需求分析工作的一种有效方法。所谓结构化，就是有组织、有计划和有规律的一种安排。结构化系统分析方法，就是利用一般系统工程方法和有关结构概念，把它们应用于地理信息系统的设计。结构化程序设计的基本思想如下。

(1) 一般采用自顶向下、逐层分解的演义分析法来定义系统的需求，即先把分析对象抽象成一个系统，然后自顶向下地逐层分解，将复杂的系统分解成简单的、能够清楚地被理解和表达的若干个子系统。也就是将系统描述分为若干层次，最高层次描述系统的总功能，其他层次则一层一层更加精细、更加具体地描述系统功能，直到分解为程序设计语言的语句。它基本上可分为如下三个基本层次。

① 直观目录。用尽可能扼要的方式说明系统的所有功能和主要联系，是解释系统的索引。

② 概要图。简要地表示主要功能的输入、输出和处理内容，用符号和文字表示每个功能中处理活动之间的关系。

③ 详细图。详细地用接近编制程序的结构描述每个功能，使用必要的图表和文字说明，再向下则可进入程序框图。

(2) 地理信息系统的开发是一个连续有序、循环往复、不断提高的过程，每个循环就是一个生命周期，要严格划分工作阶段，保证阶段任务的完成。例如，没有调查研究，没有掌握必要的数据库，就不可能很好地进行系统分析；没有设计出合理的逻辑模型，就不可能有很好的物理设计。这是系统设计的基本原则。

(3) 通过分析系统的每个细节、前后顺序和相互关系，找出各部分之间的数据接口。用结构化的方法构筑地理信息系统的逻辑和物理模型，包括在系统分析中分析信息流程，绘制数据流程图；根据数据的规范编制数据字典；根据概念结构的设计，确定数据文件的逻辑结构；选择系统执行的结构化语言，以及采用控制结构作为地理信息系统设计工具。这种用结构化方法构筑的地理信息系统，其组成清晰，层次分明，便于分工协作，而且容易调试和修改，是系统研制较为理想的工具。

(4) 结构化分析和设计的其他一些思想还包括：系统结构上的变化和功能的改变，以及面向用户的观点等，是衡量系统优劣的重要标准之一。

结构化软件设计的特点是，软件结构描述比较清晰，便于掌握系统全貌，也可逐步细化为程序语句，是一种使用相对广泛，也较为成熟和完善的系统分析方法。但结构化分析不适合需求经常改变的系統，因此结构化分析的前提是：面临静态需求。

1.2.2 原型化的设计方法

原型化方法是较常用的一种地理信息系统开发方法。该方法在开发初期不强调全面系统地掌握用户的需求，而是根据对用户需求的大致了解，由开发人员快速生成一个实实在在的初始系统原型。随着用户和开发者对系统理解的加深，不断对原型进行修正、补充和细化，用快速迭代的方法建立最终的系統，并提交给用户使用。这种设计方法的基本步骤如下。

(1) 确定用户需求。这是设计初始原型的依据。它不要求完整和完善，只要求有好的设想即可，同时还要大量收集和充分积累信息。

(2) 开发初始原型。提出一个有一定深度和广度的宏观控制模型，建立原型的初始方案，并从它开始迭代。建立初始原型所需时间是由系统的规模大小、复杂性、完整程度决定的。

(3) 征求改进意见。将初始原型提交给用户，通过与用户的交流取得对系统要求和开发潜力的新的认识，进而开发新的需求，并修改原有的需求。

(4) 修改完善原型。通过软件编制不断发现技术上的扩大点，并通过与用户的交流取得对系统需求和开发潜力的新的认识，调整系统方案，修改原型不合适的部分并将它作为新原型开发的基础。若原型基本上满足了用户关键性需求，则开发的原型就可告一段落，此时修改过的原型成为一个运行原型，它可以作为一个新的应用系统。

(5) 制定原型完成。根据一定标准判断用户需求是否已被体现，从而决定系统是继续迭代改进还是终止。随着用户对所研究的对象的不断深入和对系统了解的不断深化，可能提出新的需求和应用，这时，在运行原型的基础上，要根据用户关键性的需求是否得以完全体现和满足，来决定迭代过程是否终止，直到满足需求为止。

原型化方法尽管带有一定的盲目性，但对于非专业人员和小规模系统设计来说更为实用，而且有些探索性的系统，并不可能一开始就取得完整的认识，许多专门化的系统，也不一定需要十分复杂的设计。这种软件开发方法，一开始就针对具体目标开始工作，一边工作一边完成系统的定义，并通过一定的总结和调整补偿系统设计的不足，便于用户试用和提出意见，这样也就更有利于吸引用户介入系统设计工作，体现了不断迭代的快速修改过程，因此它是一种动态的软件开发技术。这种方法能够大大减少软件系统的后期维护费用，使系统功能能够正确反映用户的需求。同时这种设计思想对于较复杂和具有不确定性的系统目标有较强的适应性，可以使设计与实施的结合更为紧密。

1.2.3 面向对象的设计方法

面向对象 (Object - Oriented) 的设计方法是近年来发展起来的一种新的设计技术，其基本思想是：将系统所面对的问题，应用封装机制，按其自然属性进行分类，按人们通常的思维方式进行描述，建立每个对象的领域模型和联系，既模拟信息实体的内在结构又模拟动作机制 (如路径选择和图像解释就是矢量数据与栅格数据两类应用的典型范例)，使设计出的软件尽可能直接地表现出问题求解的过程。整个系统只由对象组成，对象之间的联系通过消息 (Messages) 进行。面向对象的设计方法所强调的是在系统调查资料的基础上，针对 OOA (Object - Oriented Analysis, 面向对象分析) 方法所需要的素材进行归类分析和整理，而不是

对管理业务现状和方法的分析。由于采用将数据和操作行为封装在一起的模块化结构，使系统很容易重组，但其他系统就必须重写，这对于结构复杂的系统是难以承受的。因此，面向对象设计方法的优点就是：加强对问题域和系统责任的理解；改进与分析有关的各类人员之间的交流；对需求的变化具有较强的适应性；贯穿软件生命周期全过程的一致性、实用性；有利于用户参与，容易扩充和重组。

所谓面向对象的定义，是指无论怎样复杂的事物都可以准确地由一个对象表示。例如，地图上多边形的一个节点或一条弧段可定义为对象；一条河流，或一个省，也可定义为一个对象。下面是面向对象技术的一些有关概念。

(1) 对象 (Object)。对象是事物的抽象单位，具有特征的内部状态、性质、知识和处理能力，通过消息传递与其他对象相联系，是构成系统的元素或说是封装了数据和操作集的实体。

(2) 消息 (Message)。消息是请求对象执行某一操作或回答某些信息的要求，用以统一数据层和操作控制，将对象联系起来。

(3) 分类 (Classification)。分类是关于同类对象的集合。具有相同属性和操作的对象组合在一起形成类。属于同一类的所有对象共享相同的属性项和操作方法，但每个对象可能有不同的属性值。以一个城市的 GIS 为例，它包含建筑物、街道、公园、给排水管道、电力设施等类型，而中山路 51 号是建筑物类中的一个实体，即对象；建筑物类中可能还有诸如地址、房主、用途、建筑日期等其他属性，并可能需要显示对象、更新属性数据等操作。

(4) 概括 (Generalization)。在定义类型时，将几种类型中某些具有公共特征的属性和操作抽象出来，形成一种更一般的所谓超类，称为概括 (或父类)。例如，饭店、商店、学校、医院等都涉及建筑物，所以可以将建筑物抽象出来，形成一种超类，建立饭店、商店、学校、医院等子类的公共属性项和操作。子类还可以进一步分类，如饭店类可以进一步分为餐馆、旅店、涉外宾馆、招待所等类型。所以一个类可能是某个或几个超类的子类，同时又可能是几个子类的超类。

(5) 联合 (Association)。在定义对象时，将同一类对象中的几个具有相同属性值的对象组合起来，为了避免重复，设立一个更高层次的对象来表示那些相同的属性值。例如，某农户拥有两块农田，使用同样的耕种方法，种植同样的庄稼，这里农田主、耕种方法和庄稼三个属性相同，因而可把这两个对象 (农田) 组合成一个新的对象，而新对象中包含这三个属性。

(6) 聚集 (Aggregation)。聚集有点类似于联合，但聚集是将几个不同特征的对象组合成一个更高层次的对象。每个不同特征的对象是这个聚集的一部分，它们有自己的属性描述数据和操作，这些是不能为聚集所公用的，但聚集可以从它们那里派生得到一些信息。例如，房子从某种意义上说是一个聚集，因为它是由墙、门、窗、房顶等组成的。

(7) 传播 (Propagation)。传播是作用于联合和聚集的工具，它通过一种强制性的手段将子对象的属性信息传播给高层次的组合对象。也就是说，高层次的组合对象，联合和聚集的某些属性值并不单独存在于数据库中，而是从它的子对象中提取和派生。例如，一个多边形的位置坐标数据并不直接存在于多边形文件中，而是存在于弧段和节点文件中。多边形文件仅提供一种组织对象的功能和机制，即借助于传播工具可以得到多边形位置信息。

面向对象技术具有如下三个性质。

(1) 封装性

一个对象即是一个独立存在的实体，对象有各自的属性和行为，彼此以信息进行通信，对象的属性只能通过自己的行为来改变，实现了数据封装。