

高职高专测绘类专业“十二五”规划教材·规范版

教育部测绘地理信息职业教育教学指导委员会组编

地理信息系统技术应用

■ 主 编 李建辉

■ 副主编 王 琴 张 军 马 凯



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高职高专测绘类专业“十二五”规划教材·规范版

教育部测绘地理信息职业教育教学指导委员会组编

地理信息系统技术应用

主 编 李建辉

副主编 王 琴 张 军 马 凯



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统技术应用/李建辉主编;王琴,张军,马凯副主编. —武汉:武汉大学出版社,2013. 2

高职高专测绘类专业“十二五”规划教材·规范版

ISBN 978-7-307-10416-7

I. 地… II. ①李… ②王… ③张… ④马… III. 地理信息系统—
高等职业教育—教材 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 013940 号

责任编辑:黄汉平 责任校对:刘 欣 版式设计:马 佳

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.whu.edu.cn)

印刷:武汉中科兴业印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:15.25 字数:356千字 插页:1

版次:2013年2月第1版 2013年2月第1次印刷

ISBN 978-7-307-10416-7/P·213 定价:30.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

高职高专测绘类专业 “十二五” 规划教材·规范版
编审委员会

顾问

宁津生 教育部高等学校测绘学科教学指导委员会主任委员、中国工程院院士

主任委员

李赤一 教育部测绘地理信息职业教育教学指导委员会主任委员

副主任委员

赵文亮 教育部测绘地理信息职业教育教学指导委员会副主任委员

李生平 教育部测绘地理信息职业教育教学指导委员会副主任委员

李玉潮 教育部测绘地理信息职业教育教学指导委员会副主任委员

易树柏 教育部测绘地理信息职业教育教学指导委员会副主任委员

王久辉 教育部测绘地理信息职业教育教学指导委员会副主任委员

委员 (按姓氏笔画排序)

王 琴 黄河水利职业技术学院

王久辉 国家测绘地理信息局人事司

王正荣 云南能源职业技术学院

王金龙 武汉大学出版社

王金玲 湖北水利水电职业技术学院

冯大福 重庆工程职业技术学院

刘广社 黄河水利职业技术学院

刘仁钊 湖北国土资源职业学院

刘宗波 甘肃建筑职业技术学院

吕翠华 昆明冶金高等专科学校

张 凯 河南工业职业技术学院

张东明 昆明冶金高等专科学校

李天和 重庆工程职业技术学院

李玉潮 郑州测绘学校

李生平 河南工业职业技术学院

李赤一 国家测绘地理信息局人事司

李金生 沈阳农业大学高等职业学院

杜玉柱 山西水利职业技术学院

杨爱萍 江西应用技术职业学院

陈传胜 江西应用技术职业学院

明东权 江西应用技术职业学院

易树柏 国家测绘地理信息局职业技能鉴定指导中心

赵文亮 昆明冶金高等专科学校

赵淑湘 甘肃林业职业技术学院

高小六 辽宁省交通高等专科学校

高润喜 包头铁道职业技术学院

曾晨曦 国家测绘地理信息局职业技能鉴定指导中心

薛雁明 郑州测绘学校

序

武汉大学出版社根据高职高专测绘类专业人才培养工作的需要,于2011年和教育部高等教育高职高专测绘类专业教学指导委员会合作,组织了一批富有测绘教学经验的骨干教师,结合目前教育部高职高专测绘类专业教学指导委员会研制的“高职测绘类专业规范”对人才培养的要求及课程设置,编写了一套《高职高专测绘类专业“十二五”规划教材·规范版》。该套教材的出版,顺应了全国测绘类高职高专人才培养工作迅速发展的要求,更好地满足了测绘类高职高专人才培养的需求,支持了测绘类专业教学建设和改革。

当今时代,社会信息化的不断进步和发展,人们对地球空间位置及其属性信息的需求不断增加,社会经济、政治、文化、环境及军事等众多方面,要求提供精度满足需要,实时性更好、范围更大、形式更多、质量更好的测绘产品。而测绘技术、计算机信息技术和现代通信技术等多种技术集成,对地理空间位置及其属性信息的采集、处理、管理、更新、共享和应用等方面提供了更系统的技术,形成了现代信息化测绘技术。测绘科学技术的迅速发展,促使测绘生产流程发生了革命性的变化,多样化测绘成果和产品正不断努力满足多方面需求。特别是在保持传统成果和产品的特性的同时,伴随信息技术的发展,已经出现并逐步展开应用的虚拟可视化成果和产品又极好地扩大了应用面。提供对信息化测绘技术支持的测绘科学已逐渐发展成为地球空间信息学。

伴随着测绘科技的发展进步,测绘生产单位从内部管理机构、生产部门及岗位设置,进而相关的职责也发生着深刻变化。测绘从向专业部门的服务逐渐扩大到面对社会公众的服务,特别是个人社会测绘服务的需求使对测绘成果和产品的需求成为海量需求。面对这样的形势,需要培养数量充足,有足够的理论支持,系统掌握测绘生产、经营和管理能力的应用性高职人才。在这样的需求背景推动下,高等职业教育测绘类专业人才培养得到了蓬勃发展,成为了占据高等教育半壁江山的高等职业教育中一道亮丽的风景。

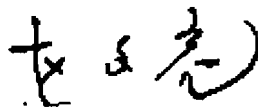
高职高专测绘类专业的广大教师积极努力,在高职高专测绘类人才培养探索中,不断推进专业教学改革和建设,办学规模和专业点的分布也得到了长足的发展。在人才培养过程中,结合测绘工程项目实际,加强测绘技能训练,突出测绘工作过程系统化,强化系统化测绘职业能力的构建,取得很多测绘类高职人才培养的经验。

测绘类专业人才培养的外在规模和内涵发展,要求提供更多更好的教学基础资源,教材是教学中的最基本的需要。因此面对“十二五”期间及今后一段时间的测绘类高职人才培养的需求,武汉大学出版社将继续组织好系列教材的编写和出版。教材编写中要不断将测绘新科技和高职人才培养的新成果融入教材,既要体现高职高专人才培养的类型层次特征,也要体现测绘类专业的特征,注意整体性和系统性,贯穿系统化知识,构建较好满

足现实要求的系统化职业能力及发展为目标；体现测绘学科和测绘技术的新发展、测绘管理与生产组织及相关岗位的新要求；体现职业性，突出系统工作过程，注意测绘项目工程和生产中与相关学科技术之间的交叉与融合；体现最新的教学思想和高职人才培养的特色，在传统的教材基础上勇于创新，按照课程改革建设的教学要求，让教材适应于按照“项目教学”及实训的教学组织，突出过程和能力培养，具有较好的创新意识。要让教材适合高职高专测绘类专业教学使用，也可提供给相关专业技术人员学习参考，在培养高端技能应用性测绘职业人才等方面发挥积极作用，为进一步推动高职高专测绘类专业的教学资源建设，作出新贡献。

按照教育部的统一部署，教育部高等教育高职高专测绘类专业教学指导委员会已经完成使命，停止工作，但测绘地理信息职业教育教学指导委员会将继续支持教材编写、出版和使用。

教育部测绘地理信息职业教育教学指导委员会副主任委员



二〇一三年一月十七日

前 言

本书根据《高职高专测绘类专业“十二五”规划教材·规范版》的指导思想,以学生职业岗位能力为依据,强调对学生应用能力、实践能力、分析问题和解决问题能力的培养,突出职业教育的特色。

进入 21 世纪以来,信息技术革命越来越迅速地改变着人类生活和社会的各个层面,而作为全球信息化浪潮的一个重要组成部分,地理信息系统(GIS)日益受到各界的普遍关注,并在多个领域得到了广泛的应用。GIS 是一门多学科结合的边缘学科,其实践性很强。GIS 专业人才的培养,不但要有深厚的理论基础,而且要掌握过硬的实践技术,具有不同层面的实际动手能力。本书以工作过程为导向,深入分析职业岗位工作所必需的知识 and 能力,据此确定课程教学所要达到的知识和能力目标,再将课程目标融入岗位工作过程的项目任务中,以任务为载体,突出能力目标,强调知识必需、够用,注重知识、理论和实践一体化设计,兼顾学生自学能力和可持续发展能力的培养,满足 GIS 数据采集员、数据处理员、数据建库员、数据分析员以及 GIS 高级管理和应用人员等地理信息系统应用工作岗位的需要。

本书具有以下鲜明的特色:

(1) 体现“项目引导、任务驱动”的教学特点。从实际应用出发,以任务为突破口,通过“任务描述→相关知识→任务实施→技能训练→思考练习”五步曲展开。在宏观教学设计上突破以知识点层次递进为体系的传统模式,将职业工作过程系统化,以工作过程为参照系,按照工作过程来组织和讲解知识,培养学生的职业技能和职业素养。

(2) 体现“教、学、做”合一的教学思想。以学到实用技能、提高职业能力为出发点,以“做”为中心,教和学都围绕着做,在学中做,在做中学,从而完成知识学习、技能训练和提高职业素养的教学目标。

(3) 强基础、重实践。在编写过程中,强调基本概念、基本原理、基本分析方法的论述,采用“教、学、做”相结合的教学模式,既能使学生掌握好基础,又能启发学生思考,培养动手能力。

(4) 紧跟行业技术发展。GIS 技术发展很快,本书着力于当前主流技术和新技术的讲解,与行业联系密切,使所有内容紧跟行业技术的发展。

(5) 符合高职学生认知规律,有助于实现有效教学。本书打破传统的学科体系结构,将各知识点与操作技能恰当地融入各个任务中,突出现代职业教育的职业性和实践性,强化实践,培养学生实践动手能力,适应高职学生的学习特点,在教学过程中注意情感交流,因材施教,调动学生的学习积极性,提高教学效果。

(6) 资源丰富。本书是教育部高等学校高职高专测绘类专业教学指导委员会 2010 年

《地理信息系统应用》精品课程相匹配的教材，相关教学资源和学习资源均可以从课程网站（<http://jpkc.yrceti.edu.cn/2010/dlxxxtyy>）上下载。

本书由李建辉任主编，王琴任副主编。编写人员及分工如下：项目一和项目六由黄河水利职业技术学院王琴编写，项目二由甘肃工业职业技术学院张军编写，项目三由黄河水利职业技术学院刘剑锋编写，项目四由内蒙古科技大学煤炭学院马凯编写，项目五和项目七由黄河水利职业技术学院李建辉编写。

本书在编写过程中参阅了大量的文献，引用了同类书刊中的部分内容，在此谨向有关作者表示衷心感谢。同时，得到了许多领导和课程团队的大力支持，在此致以衷心的感谢！由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，恳请各位专家、读者能给予批评和指正。

编者

2012 年 10 月

目 录

项目 1 GIS 平台选择	1
任务 1.1 地理信息系统认识	1
任务 1.2 地理信息系统平台选型	16
职业技能知识考核	23
项目 2 GIS 空间数据获取	25
任务 2.1 空间数据采集	25
任务 2.2 属性数据采集	44
任务 2.3 空间数据格式转换	48
职业技能知识考核	53
项目 3 GIS 空间数据处理	55
任务 3.1 空间数据编辑	55
任务 3.2 拓扑关系建立	69
任务 3.3 空间数据误差校正	74
任务 3.4 空间数据投影变换	78
任务 3.5 图形裁剪与合并	88
职业技能知识考核	95
项目 4 GIS 空间数据建库	97
任务 4.1 空间数据组织与管理	97
任务 4.2 空间数据库建立	112
职业技能知识考核	122
项目 5 GIS 空间数据查询与分析	125
任务 5.1 空间数据查询	125
任务 5.2 缓冲区分析	134
任务 5.3 叠置分析	140
任务 5.4 数字高程模型分析	147
任务 5.5 空间网络分析	158
任务 5.6 泰森多边形分析	166

任务 5.7 空间统计分析	170
职业技能知识考核	177
项目 6 GIS 产品输出	180
任务 6.1 地理信息可视化	180
任务 6.2 GIS 产品检查与质量评定	192
任务 6.3 地理空间数据输出	203
职业技能知识考核	213
项目 7 GIS 技术综合应用	215
任务 7.1 3S 集成技术应用	215
任务 7.2 地理信息系统行业应用	220
任务 7.3 GIS 的大众化与信息服务	226
职业技能知识考核	230
参 考 文 献	233

项目 1 GIS 平台选择

【项目概述】

当今信息技术突飞猛进，信息产业空前发展，信息资源爆炸式扩张。多尺度、多类型、多时态的地理信息是人类研究和解决土地、环境、人口、灾害、规划、建设等重大问题时所必需的重要信息资源。地理信息系统顺时而生，地理信息系统的迅速发展不仅为地理信息现代化管理提供了契机，而且有利于其他高新技术产业的发展，解决问题的 GIS 平台应运而生。

本项目由地理信息系统认识和地理信息系统平台选型 2 个学习型工作任务组成。通过本项目的实施，为学生从事 GIS 技术应用岗位工作打下基础。

【教学目标】

◆知识目标

1. 掌握信息、数据、地理信息、地理信息系统等基本概念。
2. 掌握 GIS 的基本组成、功能及类型。
3. 掌握 GIS 平台选择的标准。

◆能力目标

1. 能结合 GIS 软件明确地理信息系统的基本概念、组成及功能。
2. 能根据项目需求，选择合适的 GIS 平台。

任务 1.1 地理信息系统认识

1.1.1 任务描述

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。但要在地理空间技术中将这此不同领域的数据整合起来，则需要地理信息系统（geographic Information System, GIS）知识。为了弄清地理信息系统知识，需要明确 GIS 的基本概念、组成和功能。

1.1.2 相关知识

1. GIS 的基本概念

(1) 数据和信息

数据（data）是人类在认识世界和改造世界过程中，定性或定量对事物和环境描述的

直接或间接原始记录，是一种未经加工的原始资料，是客观对象的表示。数据可以以多种方式和存储介质存在，前者如数字、文字、符号、图像等，后者如记录本、地图、胶片、磁盘等，不同数据存储介质和格式可相互转换。

信息（information）是用文字、数字、符号、语言、图像等介质来表示事件、事物、现象等的内 容、数量或特征，从而向人们（或系统）提供关于现实世界新的事实和知识，作为生产、建设、经营、管理、分析和决策的依据。信息具有客观性、适用性、可传输性和共享性等特征。

信息来源于数据，是数据内涵的意义和对数据的内容和解释。信息是一种客观存在，而数据是客观对象的一种表示，其本身并不是信息。数据所蕴涵的信息不会自动呈现出来，需要利用一种技术如统计、解译、编码等对其解释，信息才能呈现出来。例如从实地或社会调查数据中通过分类和统计可获取到各种专门信息，从测量数据中通过量算和分析可以抽取出地面目标或物体的形状、大小和位置等信息，从遥感图像数据中通过解译可以提取出各种地物的图形大小和专题信息。

（2）地理数据和地理信息

地理信息是有关地理实体和地理现象的性质、特征和运动状态的表征和一切有用的知识，它是对表达地理特征与地理现象之间关系的地理数据的解释，而地理数据则是各种地理特征和现象间关系的数字化表示。地理特征和现象的数据描述包括空间位置、属性特征（简称属性）及时域特征三部分。

地理数据具有空间上的分布性、数据量的海量性、载体的多样性和位置与属性的对应性等特征。空间上的分布性是指地理信息具有空间定位的特点，先定位后定性，并在区域上表现出分布式特点，其属性表现为多层次，因此地理数据库的分布或更新也应是分布式；数据量的海量性反映地理数据的巨大性，地理数据既有空间特征，又有属性特征，另外，地理信息还随着时间的变化而变化，具有时间特征，因此其数据量很大。尤其是随着全球对地观测计划的不断发展，每天都可以获得上万亿兆的关于地球资源、环境特征的数据。这必然对数据处理与分析带来很大压力；载体的多样性指地理信息的第一载体是地理实体和地理现象的物质和能量本身，除此之外，还有描述地理实体和地理现象的文字、数字、地图和影像等符号信息载体以及纸质、磁带、光盘等物理介质载体。对地图来说，它不仅是信息的载体，也是信息的传播媒介；地理实体和地理现象具有明确的位置特征和属性特征，两者之间是相互对应的和关联的，也就是说二者相互依赖，缺一不可，有位置则有属性，反之亦然。

（3）地理信息系统

地理信息系统（geographic information system，GIS）有时又称为“地学信息系统”或“资源与环境信息系统”。地理信息系统是一种特定的十分重要的空间信息系统，是在计算机软件、硬件系统支持下，对整个或部分地球表层（包括大气层）的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。地理信息系统处理、管理的对象是多种地理实体和地理现象数据及其关系，包括空间定位数据、图形数据、遥感图像数据、属性数据等，用于分析和处理在一定地理区域内分布的地理线实体、现象及过程，解决复杂的规划、决策和管理问题。简言之，地理信息系统是对空间数据进行采集、

编辑、存储、分析和输出的计算机信息系统。

通过上述的分析和定义可以得出 GIS 的基本内涵如下：

GIS 的物理外壳是计算机化的技术系统，它又由若干个相互关联的子系统构成，如数据采集子系统、数据管理子系统、数据处理和分析子系统、图像处理子系统、数据产品输出子系统等，这些子系统的结构及其优劣程度直接影响着 GIS 的硬件平台、功能、效率、数据处理的方式和产品输出的类型。

GIS 的操作对象是空间数据，即点、线、面、体这类有三维要素的地理实体和地理现象。空间数据的最根本特点是每一个数据都按统一的地理坐标进行编码，实现对其定位、定性和定量的描述，这是 GIS 区别于其他类型信息系统的根本标志，也是其技术难点之所在。

GIS 的技术优势在于它的数据综合、模拟与分析评价能力，可以得到常规方法或普通信息系统难以得到的重要信息，实现地理空间过程演化的模拟和预测。

GIS 与测绘学和地理学有着密切的关系。大地测量、工程测量、矿山测量、地籍测量、航空摄影测量和遥感技术为 GIS 中的空间实体提供各种不同比例尺和精度的定位数；电子速测仪、GPS 全球定位技术、解析或数字摄影测量工作站、遥感图像处理系统等现代测绘技术的使用，可直接、快速和自动地获取空间目标的数字信息产品，为 GIS 提供丰富和更为实时的信息源，并促使 GIS 向更高层次发展。地理学是 GIS 的理论依托。有的学者断言，“地理信息系统和信息地理学是地理科学第二次革命的主要工具和手段。如果说 GIS 的兴起和发展是地理科学信息革命的一把钥匙，那么，信息地理学的兴起和发展将是打开地理科学信息革命的一扇大门，必将为地理科学的发展和提高开辟一个崭新的天地”。GIS 被誉为地学的第三代语言——用数字形式来描述空间实体。

(4) GIS 的“S”新解

随着 GIS 的发展，地理信息学的内涵与外延也在不断变化，集中体现在“S”的含义上，如图 1-1 所示。



图 1-1 不同历史时期 GIS 含义的变化

GIScience 地理信息科学，从地理信息的基础理论、原理方法研究地理信息的本质、表达模型、地理信息的认知过程等；GISystem 地理信息系统则是从技术化、工程化角度研究地理信息的集成开发、系统结构、系统功能等；GIService 地理信息服务则是从产业化应用角度，研究面向社会化、网络化、多元化的信息服务，强调信息标准、管理、产业政策、规模化集成应用等，是地理信息产业发展的需求。在本书中，如果没有特别说明，GIS 指的是地理信息系统。

2. GIS 的组成

一个实用的地理信息系统，要支持对空间数据采集、管理、处理、分析、建模和显示等功能，其基本构成应包括以下五个主要部分：系统硬件、系统软件、空间数据、应用模型、系统管理和操作人员。其核心部分是系统硬件、系统软件，空间数据反映 GIS 的地理内容，应用模型是解决问题的方法，而系统管理和操作人员则决定系统的工作方式和信息表示方式。其组成如图 1-2 所示。

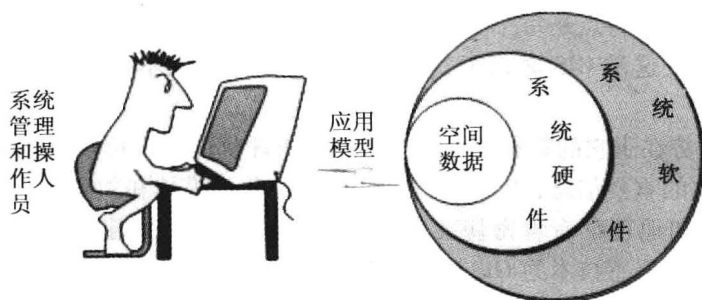


图 1-2 GIS 的组成

(1) 硬件系统

计算机硬件是计算机系统在实际物理装置的总称，是 GIS 的物理外壳，可以是电子的、电的、磁的、机械的、光的元件或装置。系统的规模、精度、速度、功能、形式、使用方法甚至软件都与硬件有极大的关系，受硬件指标的支持或制约。

GIS 硬件系统包括输入设备、处理设备、存储设备和输出设备四部分。其中处理设备、存储设备和输出设备与一般信息系统并无差别，但由于 GIS 处理的是空间数据，其数据输入设备除常规的设备外，还包括空间数据采集的专用设备如全球定位系统（global position system, GPS）、全站仪、数字摄影测量等。

(2) 软件系统

软件系统是指 GIS 系统运行所必需的各种程序，通常包括 GIS 系统支撑软件、GIS 系统平台软件和 GIS 系统应用软件三类。其中 GIS 支撑软件是指 GIS 系统运行所必需的各种软件环境，如操作系统、数据库管理系统、图形处理系统等；GIS 系统平台软件包括 GIS 系统功能所必需的各种处理软件，一般包括空间数据输入与转换、空间数据编辑、空间数据管理、空间查询与空间分析、制图与输出等五部分，称为 GIS 五大子系统；GIS 应用软件一般是在 GIS 平台软件基础上，通过二次开发所形成的具体的应用软件，一般是面向应用部门的。

(3) 空间数据

地理空间数据是指以地球表面空间位置为参照的自然、社会和人文景观数据，可以是图形、图像、文字、表格和数字等，由系统的建立者通过数字化仪、扫描仪、键盘、磁带机或其他通信系统输入 GIS，是系统程序作用的对象，是 GIS 所表达的现实世界经过模型抽象的实质性内容。不同用途的 GIS 其地理空间数据的种类、精度都是不同的，但基本上

都包括三种互相联系的数据类型:

①某个已知坐标系中的位置:即几何坐标,标识地理实体和地理现象在某个已知坐标系(如大地坐标系、直角坐标系、极坐标系、自定义坐标系)中的空间位置,可以是经纬度、平面直角坐标、极坐标,也可以是矩阵的行、列数等。

②实体间的空间相关性:即拓扑关系,表示点、线、面实体之间的空间联系,如网络节点与网络线之间的枢纽关系,边界线与面实体间的构成关系,面实体与岛或内部点的包含关系等。空间拓扑关系对于地理空间数据的编码、录入、格式转换、存储管理、查询检索和模型分析都有重要意义,是地理信息系统的特色之一。

③与几何位置无关的属性:即常说的非几何属性或简称属性(attribute),是与地理实体和地理现象相联系的地理变量或地理意义。属性分为定性和定量的两种,前者包括名称、类型、特性等,后者包括数量和等级,定性描述的属性如岩石类型、土壤种类、土地利用类型、行政区划等,定量的属性如面积、长度、土地等级、人口数量、降雨量、河流长度、水土流失量等。非几何属性一般是经过抽象的概念,通过分类、命名、量算、统计得到。任何地理实体和地理现象至少有一个属性,而地理信息的分析、检索和表示主要是通过属性的操作运算实现的,因此,属性的分类系统、量算指标对系统的功能有较大的影响。

(4) 系统管理和操作人员

人是GIS中的重要构成因素。地理信息系统从其设计、建立、运行到维护的整个生命周期,处处都离不开人的作用。仅有系统软硬件和数据还构不成完整的地理信息系统,需要人进行系统组织、管理、维护和数据更新、系统扩充完善、应用程序开发,并灵活采用地理分析模型提取多种信息,为研究和决策服务。

(5) 应用模型

GIS应用模型即GIS方法,该模型的构建和选择是GIS应用成功与否的关键。GIS方法是面向实际应用,在较高层次上对基础的空间分析功能集成并与专业模型接口,研制解决应用问题的模型方法。虽然GIS为解决各种现实问题提供了有效的基本工具(如空间量算、网络分析、叠加分析、缓冲分析、三维分析、通视分析等),但对于某一专门的应用,则必须构建专门的应用模型并进行GIS二次开发,例如土地利用适应性模型、大坝选址模型、洪水预测模型、污染物扩散模型、水土流失模型等。这些应用模型是客观世界到信息世界的映射,反映了人类对客观世界的认知水平,也是GIS技术产生社会、经济、生态效益的所在,因此,应用模型在GIS技术中占有十分重要的地位。

3. GIS 的功能

(1) 基本功能需求

①位置:位置问题回答“某个地方有什么?”,一般通过地理对象的位置(坐标、街道编码等)进行定位,然后利用查询获取其性质,如建筑物的名称、地点、建筑时间、使用性质等。位置问题是地学领域最基本的问题,反映在GIS中,则是空间查询技术。

②条件:条件问题即“符合某些条件的地理对象在哪里”的问题,它通过地理对象的属性信息列出条件表达式,进而查找满足该条件的地理对象的空间分布位置。在GIS中,条件问题虽也是查询的一种,但却是较为复杂的查询问题。

③趋势：趋势即某个地方发生的某个事件及其随时间的变化过程。它要求 GIS 能根据已有的数据（现状数据、历史数据等），能够对现象的变化过程做出分析判断，并能对未来做出预测和对过去做出回溯。例如土地地貌演变研究中，可以利用现有的和历史的地理数据，对未来地形做出分析预测，也可展现不同历史时期的地形发育情况。

④模式：模式问题即地理对象实体和现象的空间分布之间的空间关系问题。例如，城市中不同功能区的分布与居住人口分布的关系模式；地面海拔升高、气温降低，导致山地自然景观呈现垂直地带分异的模式等。

⑤模拟：模拟即某个地方如果具备某种条件会发生什么问题，是在模式和趋势的基础上，建立现象和因素之间的模型关系，从而发现具有普遍意义的规律。例如通过对某一城市的犯罪几率和酒吧、交通、照明、警力分布等的分析，对其他城市进行相关问题研究，一旦发现带有普遍意义的规律，即可将研究推向更高层次：建立通用的分析模型进行未来的预测和决策。

（2）GIS 的基本功能

为实现对上述问题的求解，GIS 首先要重建真实地理环境，而地理环境的重建需要获取各类空间数据（数据获取），这些数据必须准确可靠（数据编辑与处理），并按一定的结构进行组织和管理（空间数据库），在此基础上，GIS 还必须提供各种求解工具（称为空间分析），以及对分析结果的表达（数据输出）。因此，一个 GIS 系统应该具备以下基本功能。

①数据采集功能：数据是 GIS 的血液，贯穿于 GIS 的各个过程。数据采集是 GIS 的第一步，即通过各种数据采集设备如数字化仪、全站仪、调查等来获取现实世界的描述数据，并输入 GIS 系统。GIS 应该尽可能提供与各种数据采集设备的通信接口。

②数据编辑与处理：通过数据采集获取的数据称为原始数据，原始数据不可避免地含有误差。为保证数据在内容、逻辑、数值上的一致性和完整性，需要对数据进行编辑、格式转换、拼接等一系列的处理工作。也就是说，GIS 系统应该提供强大的、交互式的编辑功能，包括图形编辑、数据变换、数据重构、拓扑建立、数据压缩、图形数据与属性数据的关联等内容。

③数据存储、组织与管理功能：计算机的数据必须按照一定的结构进行组织和管理，才能高效地再现真实环境和进行各种分析。由于空间数据本身的特点，一般信息系统中的数据结构和数据库管理系统并不适合管理空间数据，GIS 必须发展自己特有的数据存储、组织和管理的功能。目前常用的 GIS 数据结构主要有矢量数据结构和栅格数据结构两种，而数据的组织和管理则有文件-关系数据库混合管理模拟模式、全关系型数据管理模式、面向对象数据管理模式等。

④空间查询与空间分析功能：虽然数据库管理系统一般提供了数据库查询语言，如 SQL 语言，但对于 GIS 而言，需要对通用数据库的查询语言进行补充或重新设计，使之支持空间查询。例如查询与某个乡相邻的乡镇穿过一个城市的公路、某铁路周围 5km 的居民点等，这些查询问题是 GIS 所特有的。所以一个功能强大的 GIS 软件，应该设计一些空间查询语言，满足常见的空间查询的要求。空间分析是比空间查询更深层次的应用，内容更加广泛，包括地形分析、土地适应性分析、网络分析、叠置分析、缓冲区分析、决策分

析,等等。随着 GIS 应用范围扩大, GIS 软件的空间分析功能将不断增加。

需要说明的是,空间分析和应用分析是两个层面上的内容。GIS 所提供的是常用的空间分析工具如查询、几何量算、缓冲区建立、叠置操作、地形分析等,这些工具是有限的,而应用分析却是无限的,不同的应用目的可能构建不同的应用模型。GIS 空间分析为建立和解决复杂的应用模型提供了基本工具,因此 GIS 空间分析和应用分析是“零件”和“机器”的关系,用户应用 GIS 解决实际问题的关键,就是如何将这些零件搭配成能够用来解决问题的“机器”。

⑤数据输出功能:通过图形、表格和统计图表显示空间数据及分析结果是 GIS 项目的必需。作为可视化工具,不论是强调空间数据的位置还是分布模式乃至分析结果的表达,图形是传递空间数据信息最有效的工具。GIS 脱胎于计算机制图,因而 GIS 的一个主要功能就是计算机地图制图,包括地图符号的设计、配置与符号化、地图注记、图幅整饰、统计图表制作、图例与布局等项内容。此外对属性数据也要设计报表输出,并且这些输出结果需要在显示器、打印机、绘图仪或数据文件输出。GIS 软件亦应具有驱动这些设备的能力。

4. GIS 的类型

GIS 发展迅速,应用广泛, GIS 的类型划分也无一定之规。一般地,可根据 GIS 的研究内容、功能和作用等对 GIS 进行类型划分。

(1) 按 GIS 功能分类

从功能角度, GIS 可分为应用功能和软件功能两大类,前者强调 GIS 的社会服务功能,可再分为工具型 GIS、应用型 GIS 和大众型 GIS 三类,后者侧重 GIS 软件自身功能,一般分为专业 GIS、桌面 GIS、手持 GIS、组件 GIS、GIS 浏览器几类。

1) 应用功能

工具型 GIS 也称为地理信息系统开发平台或外壳,它具有 GIS 的基本功能,可供其他系统调用或作为用户进行二次开发的操作平台。前面已谈及 GIS 是一个复杂庞大的软件系统,而用 GIS 解决实际问题尚需用户进行一定程度的二次开发。但如果每一用户在实际应用时都需开发,则会造成人力、物力和时间上的浪费。工具型 GIS 为 GIS 用户提供一种技术支持,使用户能借助 GIS 并加上专题应用模型完成相应的任务。目前比较流行的工具型 GIS 软件如 ArcGIS、MapInfo、Idrisi、GeoStar、MapGIS 等。

应用型 GIS 是根据用户的需求和应用目的而设计的一类或多类专门型 GIS,它一般是在工具型 GIS 的平台上,通过二次开发完成。应用型 GIS 除具备 GIS 的基本功能外,还具有解决与专业相关的模型构建和求解功能。应用型 GIS 按研究对象性质和能力又分为专题 GIS 和区域 GIS 两种类型。

①专题 GIS:是为特定专业服务的、具有很强专业特点的 GIS,如交通规划 GIS、水资源管理 GIS、城市管网设计 GIS、土地覆盖和利用 GIS 等。

②区域 GIS:主要以区域综合研究和全面信息服务为目标,按区域大小可以有国家级、地区、省级、市级等不同行政区域的 GIS,如福建省 GIS 基础数据库系统;也可以按照自然相对独立的单元划分,如闽江流域 GIS、黄土高原 GIS 等。

大众型 GIS 是一种面向大众服务、不涉及具体专业的 GIS,使用者只需要有一般的计