

21世纪高等院校教材·地理信息系统教学丛书



地理信息系统

软件工程的原理与方法

● 毕硕本 王 桥 徐秀华/编著



科学出版社

www.sciencepress.com

21 世纪高等院校教材·地理信息系统教学丛书

地理信息系统 软件工程的原理与方法

毕硕本 王 桥 徐秀华 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统地阐述了地理信息系统(GIS)软件工程这一领域内的基本概念、原理与方法。全书共包括十五章和两个附录,主要内容有:GIS 软件工程概述、可行性分析、系统分析、系统分析方法、总体设计、详细设计、系统设计方法、数据工程、数据质量控制、工程实施与测试、维护工程、工程质量保证、工程标准化、工程管理、软件工程环境等。本书内容丰富、组织严谨,原理和方法结合密切,丰富的图表和应用实例便于读者自学。

本书可作为大专院校 GIS 专业以及相关专业高年级本科生和研究生的教材或参考书,同时也可供从事 GIS 软件工程和 related 应用软件建设的科技人员以及有关大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统软件工程的原理与方法/毕硕本,王桥,徐秀华编著.
—北京:科学出版社,2003

(21 世纪高等院校教材·地理信息系统教学丛书)

ISBN 7-03-011191-5

I. 地… II. ①毕… ②王… ③徐… III. 地理信息系统-软件工程
IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 013247 号

责任编辑:朱海燕 杨红 姚岁寒/责任校对:刘小梅

责任印制:刘秀平/封面设计:高海英

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>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003 年 7 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2003 年 7 月第一次印刷 印张: 42

印数: 1—4 000 字数: 794 000

定价: 52.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《地理信息系统教学丛书》编委会

顾问	陈述彭	王家耀	孙九林	李小文	李德仁
	承继成	高俊	童庆禧	廖克	
主编	闫国年				
副主编	王桥	黄家柱			
委员	(按姓氏笔画排序)				
	王桥	王卫国	王建平	文斌	韦玉春
	石富兰	兰小机	孙在宏	孙毅中	刘克
	刘二年	刘晓艳	刘基余	毕硕本	乔延春
	任建武	张宏	张之沧	张书亮	张亦含
	张海涛	陈洋	陈踊	陈锁忠	李硕
	李斌	李秀梅	李旭文	李安波	宋亚超
	严荣华	杨旭	杨一鹏	杨建军	何建邦
	吴长彬	吴平生	沈陈华	苏乐平	林琿
	林振山	郑在洲	闫国年	唐卫	陶陶
	徐敏	徐秀华	袁丁	龚敏霞	常本春
	温永宁	蒋海琴	黄家柱	缪瀚深	潘莹

序

南京师范大学地理科学学院发起并组织编著地理信息系统专业系列教材,奋斗三载,先后问世,这是我国第一套全面阐述地理信息系统理论、方法、技术和应用的教科书。对于地理学科的现代化,信息科学新型人才的培训,对于落实科教兴国战略,深化教学改革来说,都是值得庆贺的。

据中国科学院地学部调查(2002),全国综合性大学共有 150 个地理学科机构,在地学领域中居首位。而地理信息系统专业脱颖而出,发展最快。世纪之初,已设置专业的学校有 70 多个,仅江苏省内就有 12 个。这是经济发展、社会进步的客观需求。面对全社会数字化的浪潮,“数字地球”、数字化城市、省区与流域,百舸争流。地理信息系统作为人口、资源与环境问题的公共平台;作为国家推动信息化,实现现代化的重要组成部分,正在与电子政务、电子商务信息系统相融合,愈来愈显示它跨行业、多功能的优势,不断开拓新的应用领域。一些涉及地理分布现象的数据采集、时空分析,涉及城市或区域规划、管理与决策的过程,都喜欢用上地理信息系统这种新的技术手段,来提高办公自动化的水平,提高企业科学管理的效率和透明度,加强面对国际市场的开放力度和竞争能力。近 20 年来,全国范围从事地理信息系统的事业、企业单位,迅猛增长,已超过 400 个,而且方兴未艾,与时俱进。

中国科学院地学部地学教育研究组在咨询报告(2002)中指出:“随着社会和科技的发展,地学的内涵、性质和社会功能也在变化。这在最近 20 年中尤为明显:遥感、信息技术和各种实时观测、分析技术的发展,使地球科学进入了覆盖全球、穿越圈层,即地球系统科学的新阶段,从局部现象的描述,推进到行星范围的推理探索,获得了全球性和系统性的信息。”这就是说,从学科的本质及其自身发展的规律来看,地理信息系统不仅仅是技术,而且是科学,是发展地球系统科学不可缺少的部分。

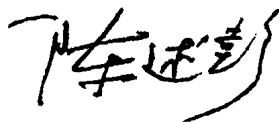
地理信息系统其所以一枝独秀,并非偶然!主要是由于它本身具备着多样化的社会功能。社会信息化的主要内容包括三个方面:一是信息基础设施的建设,地理信息系统正是地图测绘的数字化产品,同时又是兼收并容遥感、定位系统的缓冲区,起着调节网络信息流的作用。二是产业结构调整,地理信息系统起着润滑剂的作用,以信息流调控物流、能流和人流,以信息化促进现代化。三是信息服务,地理信息系统是电子政务、电子商务信息系统不可分割的组成部分。在航天事业、电信网络和电脑技术日新月异的新世纪,地理信息系统如虎添翼,广泛地渗透到各行各

业之中,提供无微不至的信息服务。

地理信息系统教材的编著,前人多以综论形式出版。例如,英文教材先后有 Taylor D. R. (1991), Autenucci J. C. et al. (1991), M. D. I. Goodchild(1991), Fisher M. M. (1993), Murai Shuji(1996), D. Rhind(2000); 中文教材先后有黄杏元、汤勤(1989), 边馥苓(1996), 陈述彭、鲁学军、周成虎(1999), 龚健雅(1999), 邬伦(1999), 闫国年、吴平生、周晓波(1999), 李德仁、关泽群(2000), 马蔼乃(2000), 王家耀(2001)等。这些教材对地理信息系统的科学与哲学性质,及其与邻近学科的相互关系,均有精辟论述。地理信息系统应用专论方面,城市:曹桂发等(1991), 宋小冬、叶嘉安(1995), 官鹏(1996), 陈述彭(1999), 张新长等(2001); 林业:李芝喜、孙俊平(2000); 农业:王人潮(1999)。这些专著密切结合相关行业和中国特色,有所发挥。现在,闫国年教授等主持编著的地理信息系统专业系列教材,是在前人的工作基础上,博采众家之所长,继往开来,推陈出新,拓展为系列教材。基础是扎实的,时机是成熟的。

这套系列教材的编写,紧密结合地理信息系统专业的课程设置。在理论方面,又推出了一部新作,从哲学的高度来探讨地理信息系统中的虚拟时空。系列教材的重点侧重于方法、技术。总结了数据集成、知识发现的最新进展;率先推出数据共享、虚拟环境与网络三部分,反映地理信息系统的生长点。在应用方面,主要是结合作者们近年参与建设项目的实践,加以总结和提高,是来自生产第一线的“新知”。目前已涉及到土地与水资源管理、城市规划、环境保护以及设备设施管理与房产管理等等,今后随着应用领域的拓展,还会有旅游、物流等地理信息系统教材相继问世。

同学们可以根据课程设置计划,循序渐进,在理论方面广泛涉猎,解放思想,开阔眼界。在方法、技术方面,配合辅导教材和实习大纲,刻苦钻研,掌握关键技术,学以致用。在应用方面结合个人志趣、专长与就业需求,选修其中一、二门,理清不同行业的应用特点,举一反三。系列教材是面向整个专业的,并不要求每位同学都把全部教材囫圇吞枣下去,食而不化。编写系列教材,正是为同学们提供了更加宽阔的学习园地,更加宽松的学习环境。祝福同学们健康成长,时刻准备着,与时俱进,开拓创新,为祖国信息化和现代化多做贡献。



(中国科学院院士)

2003 新年

前 言

我国从 20 世纪 80 年代开始了 GIS(地理信息系统)的建设,经历了项目型 GIS、管理型 GIS、社会型 GIS 等几个阶段,其技术发生了翻天覆地的改变,其发展可以说与计算机技术完全同步了。但这也导致 GIS 用户在建立相应系统时面临一个复杂环境,往往系统刚刚建设完毕,整个系统就不能够满足当前需要了,从而导致大面积的投资失误与浪费。这是 GIS 建设周期长的一个后果,同时也反映了 GIS 技术和用户需求的发展速度不相适应,所以在开展 GIS 软件可行性研究、系统分析、系统设计、系统实施、系统维护等阶段时,就必须以软件工程的思想和方法进行项目的组织与管理,以保证 GIS 软件开发的顺利实施与成功实现。

GIS 开发具有软件开发的共性,软件工程的一般理论和方法也适用于 GIS 软件工程。同时,GIS 具有与管理信息系统等软件明显的不同特色,这在软件工程方面具有显著的反映。GIS 与其他信息系统的最大区别,是它能够处理具有空间特性的对象。GIS 软件工程与其他软件工程的重大区别,体现在 GIS 数据的组织与管理、GIS 数据的质量控制以及 GIS 应用模型的构建等方面。

GIS 软件工程具有系统复杂度大的特点。功能规模相似的信息系统,GIS 的复杂度可能比一般信息系统高数个级别,这也是我国 GIS 建设费用与建设周期高居不下的实质性因素,如果对此估计不足,就容易导致系统建设的失败。GIS 的另一个特色在于支持异质海量数据处理;GIS 软件还有系统表达方式复杂、系统更新速度快、系统维护工作量大等特点。

为了加快我国 GIS 建设和应用的步伐,培养能从事地理信息应用系统建设的专门人才,特编写本教材。

本教材共包括 15 章和两个附录。

第一章概述了 GIS 软件工程领域的基本内容,第二章介绍了 GIS 软件工程的可行性分析内容,第三章介绍了 GIS 软件工程的系统分析内容,第四章介绍了 GIS 软件工程的系统分析所涉及的几种分析方法。

第五章进入了 GIS 软件工程的设计阶段,该章介绍 GIS 软件工程总体设计所包含的基本内容,是 GIS 软件工程的基础和关键。第六章介绍了 GIS 软件工程的详细设计所包含的内容,第七章介绍了 GIS 软件工程的设计阶段所涉及的设计方法。

第八章是 GIS 软件工程极富有特色的部分,是 GIS 软件工程体现与一般软件工程区别最明显的内容。这些内容包含空间数据的基本特征、测量尺度、来源、类

型和表示方法;如何对 GIS 数据进行规范化和标准化;如何对地理信息进行分类和编码;以及 GIS 软件数据工程包含的数据预处理、数据采集、数据处理与数据库建立等阶段的内容。第九章介绍了对数据工程的质量控制内容,包括数据质量与数据误差的有关内容、GIS 数据质量问题的过程分析、如何对 GIS 数据质量进行控制以及测绘数字化产品的质量控制内容。

第十章进入 GIS 软件工程阶段的实施与测试阶段。实施阶段主要介绍程序编制有关的内容,测试阶段主要介绍测试的要求、软件测试的方法、测试用例的设计以及软件调试与试运行的有关内容。第十一章介绍了 GIS 软件维护涉及的主要内容。

第十二章介绍了软件工程质量保证的有关内容,第十三章概要介绍了 GIS 软件工程标准化的一些相关内容,第十四章介绍了与 GIS 软件工程管理有关的内容。

第十五章介绍了主要的软件工程环境的内容,包括软件工具、CASE、软件生产自动化、软件重用技术和组件技术,其中,重点介绍 COM 组件技术与 CORBA 技术、JavaBean 技术,最后介绍了 WebGIS 与 ComGIS 技术。

本教材是作者在多年从事该领域的工作,并参阅了大量国内外有关论著、期刊文献,以及与相关专家、学者交流的基础上编写成的。本教材在编写和修改过程中,得到了许多同志的关心和帮助,特别是南京师范大学地理信息科学江苏省重点实验室黄家柱研究员、陈锁忠副教授给予了热忱地鼓励,提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心感谢。大庆市第四医院徐秀兰女士、南京师范大学地理科学学院硕士研究生张亦含、陈踊、唐卫、孙亚琴、刘克、杨旭、尹静秋、李秀梅、朱明媛、曾巧玲、杨建军等同学承担了全部插图的绘制工作和制表工作,以及部分文字录入工作,为本书的出版付出了辛勤的劳动,特此表示感谢。

本教材由南京师范大学地理信息科学江苏省重点实验室毕硕本高级工程师、王桥教授和大庆石油学院计算机系徐秀华硕士确定整体结构,并参与主要章节的编写。其他编写人员还有南京师范大学地理信息科学江苏省重点实验室闫国年教授、张书亮博士、张宏博士、杨一鹏博士、李安波工程师等。最后由毕硕本博士统稿。

本书内容系统全面,组织严谨,可作为高等院校 GIS 专业或相关专业本科生和研究生的教材,并可供从事 GIS 软件工程和 related 应用软件建设的科技人员,以及有关大专院校师生参考。

由于编者水平有限,加上时间匆促,错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编著者

2002 年 9 月

目 录

第一章 GIS 软件工程概述	1
第一节 GIS 软件工程	1
一、GIS 软件的主要特点	1
二、GIS 软件开发过程中的问题	2
三、GIS 软件开发存在问题的原因分析	4
四、GIS 软件工程	4
五、GIS 软件工程的特色	7
第二节 软件生存周期模型	10
一、概述	10
二、瀑布模型	11
三、增量模型	13
四、螺旋模型	13
五、喷泉模型	14
六、智能模型	14
第三节 GIS 软件工程的生存周期	14
一、前期工程	15
二、设计工程	16
三、数据工程	17
四、工程实施	18
五、维护工程	18
第四节 GIS 软件工程建设的主要过程	19
一、GIS 软件开发的工程化方法	19
二、GIS 软件工程的系统分析	21
三、GIS 软件工程的需求分析	24
四、GIS 软件工程的系统设计	27
五、GIS 软件工程的编码设计	30
六、GIS 软件工程建设过程中的文档	33
思考题	33
第二章 GIS 软件工程的可行性分析	34
第一节 软件工程调研	34

一、现状调查	34
二、需要调查的内容	36
三、调查内容的组织和分析	37
第二节 可行性研究	40
一、可行性研究的目的	40
二、可行性研究的任务	41
三、可行性研究的具体步骤	42
第三节 成本-效益分析	43
一、几种度量效益的方法	43
二、成本-效益的分析	44
第四节 工程项目开发计划	47
一、制定开发计划的原则	47
二、制定开发计划的方法	48
三、推算各阶段时间的方法	49
四、开发计划的表达方式	50
思考题	51
第三章 GIS 软件工程的系统分析	53
第一节 系统分析	53
一、概述	53
二、系统分析的任务	54
三、系统分析的难点	54
四、系统分析的要求	55
五、系统分析的过程	56
六、系统分析的方法	58
第二节 需求工程	59
一、需求工程的概念	59
二、需求工程中涉及的角色	59
三、需求工程的作用	60
四、需求工程的内容	61
第三节 需求分析	64
一、需求分析的必要性	64
二、需求分析的原则	64
三、需求分析的方法	65
四、数据流程图	66
五、数据字典	70

思考题	73
第四章 GIS 软件工程的分析方法	74
第一节 结构化分析方法	74
一、概述	74
二、结构化分析的方法	76
第二节 面向对象基础	78
一、面向对象的概念	78
二、面向对象的方法	83
第三节 Coad 分析方法	85
一、概述	85
二、Coad 分析方法	87
第四节 OMT 分析方法	95
一、OMT 方法的发展	95
二、三种模型介绍	96
三、OMT 方法的分析过程	102
第五节 面向对象的开发过程	103
一、应用生存期	103
二、类生存期	104
三、应用开发过程	108
四、系统体系结构	110
第六节 面向对象的分析过程	111
一、概述	111
二、论域分析	111
三、应用分析	115
思考题	115
第五章 GIS 软件工程的总体设计	116
第一节 概述	116
一、系统设计在软件开发中的位置	116
二、总体设计过程中需要完成的工作	118
第二节 体系结构设计	120
一、概述	120
二、总体设计的目标	120
三、总体设计的步骤	121
四、总体设计的基本任务	121
五、GIS 的系统设计模式	122

六、GIS的体系结构设计	125
第三节 软件结构设计	128
一、概述	128
二、结构化设计的优点	129
三、开发和维护软件的费用	129
四、结构化设计的适用范围	130
五、结构化分析(SA)和结构化设计(SD)的关系	131
六、结构设计的基本概念	132
七、模块的独立性	134
八、软件结构图	138
九、软件结构形态	140
十、影响范围和控制范围	141
十一、软件结构设计准则	143
第四节 数据库设计基础	145
一、数据库分析的过程	145
二、数据的管理模式	146
三、数据库设计的目标	147
四、数据库设计的主要内容	148
五、数据库设计的步骤	148
六、数据库的逻辑设计	150
七、数据库的物理设计	152
八、数据库的实现	153
九、数据库的运行与维护	154
第五节 空间数据库设计	155
一、空间数据库的概念	155
二、空间数据库技术的产生背景	156
三、空间数据库的技术特色	157
四、空间数据库的体系结构	158
五、空间数据库设计的原则	159
六、空间数据库的设计过程	160
七、空间数据库的需求分析和数据模型设计	162
八、空间数据库的概念设计	162
九、空间数据库的详细设计	166
十、地理信息元数据的设计	168
第六节 应用模型设计	172

一、概述	172
二、应用模型	173
三、应用模型分类	174
四、应用模型的作用	177
五、应用模型建模的步骤	178
六、应用模型的构建方法	179
思考题	180
第六章 GIS 软件工程的详细设计	182
第一节 详细设计	182
一、概述	182
二、详细设计的基本任务	183
三、详细设计方法	184
四、程序流程图	185
五、N-S 图	189
六、PAD 图	190
七、判定表	192
八、PDL 语言	194
第二节 用户界面设计	195
一、用户界面应具备的特性	196
二、用户界面设计的任务分析	197
三、用户界面的任务和工作设计	200
四、界面设计的基本类型	201
五、界面设计原则	201
六、GIS 软件界面设计中的要素	204
七、GIS 软件的基本界面样式	206
八、GIS 软件的界面设计方法	212
第三节 标准化设计	213
一、地理定位控制	213
二、属性数据指标体系	214
三、数据分层方案	215
四、数据文件命名规则	215
五、统计单元	217
六、技术流程和质量控制	217
思考题	217
第七章 GIS 软件工程的设计方法	219

第一节 结构化设计方法	219
一、系统结构图的基本组成	219
二、数据流图变换为系统结构图的方法	221
三、结构化设计的审查	224
第二节 Jackson 方法	226
一、概述	226
二、JSP 方法	227
三、JSD 方法	231
第三节 Booch 方法	235
一、面向对象设计概述	235
二、Booch 方法的发展	236
三、Booch 方法的过程	237
四、Booch 方法的特点	238
五、基本模型	239
第四节 Coad 设计方法	246
一、概述	246
二、设计问题域组元	246
三、设计人机交互组元	248
四、设计任务管理组元	251
五、设计数据管理组元	255
第五节 OMT 设计方法	256
一、系统设计	256
二、对象设计	257
三、OMT 设计方法的缺点	258
第六节 UML 方法	259
一、UML 概述	259
二、通用模型元素	262
三、用例模型	265
四、静态模型	269
五、动态模型	276
六、实现模型	287
思考题	290
第八章 GIS 软件数据工程	292
第一节 概述	292
一、GIS 的数据源	293

二、数据源的审查过程	294
三、GIS 数据组成和特点	295
第二节 空间数据的特征	300
一、空间数据的基本特征	300
二、空间数据的测量尺度	301
三、空间数据的来源	302
四、空间数据的类型和表示方法	304
第三节 GIS 数据的规范化和标准化	304
一、统一的空间定位框架	304
二、统一的数据分类标准	305
三、统一的数据编码系统	306
四、统一的数据记录格式	307
五、统一的数据采集原则	307
六、统一的测试标准	308
第四节 地理信息的分类和编码	308
一、地理信息分类与编码的意义	308
二、地理信息分类与编码的原则	309
三、地理信息分类与编码的基本方法	310
四、地理实体的分类	311
五、地理实体属性数据的编码	314
六、地理信息实体的标识码结构	317
七、城市地理实体的识别码方案	318
八、图形数据分类与编码标准	320
第五节 数据预处理	321
一、数据源的选择	321
二、比例尺的选择	321
三、图层的制定	322
四、预处理的基本内容	322
五、图幅数据的处理	323
六、空间数据的压缩处理	323
七、空间数据类型的转换	324
第六节 数据采集	324
一、野外数据的采集方法	324
二、地图数据的采集方法	326
三、属性数据的采集方法	333

四、空间数据的检查	334
第七节 数据处理与数据库建立	335
一、格式转换	335
二、图形单元的修改	336
三、图幅拼接	336
四、坐标转换	337
五、几何纠正	337
六、数据编辑处理	337
七、拓扑结构及拓扑关系的自动生成	338
八、数据库建立	338
思考题	339
第九章 GIS 软件工程的数据质量控制	340
第一节 概述	340
一、数据质量的基本内容	340
二、空间数据质量	344
三、GIS 数据误差	345
四、GIS 中的误差传播	347
五、GIS 空间操作中误差的传播	348
第二节 GIS 数据质量问题的过程分析	349
一、影响 GIS 数据质量的因素	349
二、GIS 数据源的质量问题	351
三、GIS 数据库建立过程中的数据质量问题	352
四、GIS 分析处理过程引入的数据质量问题	354
第三节 GIS 数据质量的控制	355
一、数据质量控制的内容	355
二、空间数据质量控制方法	357
三、GIS 数据库的质量控制	358
四、数据质量控制方案的设计	360
五、数据质量检验和数据质量报告	361
第四节 测绘数字化产品的质量控制	364
一、数据质量控制的要求	364
二、数据质量检查	365
三、错漏标准的制定	365
思考题	366
第十章 GIS 软件工程的实施与测试	368

第一节 概述	368
一、实施阶段的准备工作	368
二、硬软件引进	369
三、软件工程对编程的技术要求	370
四、软件工程对编程的质量要求	371
第二节 程序编制	372
一、程序编制的一般要求	372
二、编程语言的特征及选择	374
三、程序设计风格	376
第三节 软件测试	378
一、概述	378
二、软件测试的要求	379
三、软件测试的过程	382
四、单元测试	385
五、集成测试	387
六、确认测试	390
七、软件测试的方法	391
第四节 测试用例的设计	392
一、测试用例的设计原则	392
二、黑盒测试方法用例的设计	393
三、白盒测试方法用例的设计	398
第五节 软件调试	404
一、调试的目的	404
二、调试的步骤	404
三、调试的原则	406
四、调试的方法	407
第六节 软件试运行	410
思考题	411
第十一章 GIS 软件维护工程	413
第一节 概述	413
一、软件维护的类型	413
二、软件维护的困难	414
三、软件维护的费用	414
四、软件维护的分类	414
第二节 软件系统的维护	416