

教育部高等学校测绘类(含地理信息)专业教学指导委员会规划教材



地理信息系统工程

Geographic Information System
Engineering

张新长 任伏虎 郭庆胜 曾文 王海鹰 编著



测绘出版社

教育部高等学校测绘类(含地理信息)专业教学指导委员会规划教材

内容简介

本书是教育部高等学校测绘类(含地理信息)专业教学指导委员会规划教材。本书可作为高等院校测绘类(含地理信息)专业及相关专业的教材,也可供从事地理信息工程工作的工程技术人员参考。

地理信息系统工程

Geographic Information System Engineering

张新长 任伏虎 郭庆胜 曾文 王海鹰 编著

书名: 地理信息系统工程
作者: 张新长 任伏虎 郭庆胜 曾文 王海鹰 编著
出版社: 测绘出版社
ISBN: 978-7-312-02020-8
定价: 35.00元

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

内 容 简 介

本书从地理信息系统工程的发展和需求出发,结合作者团队多年地理信息系统工程项目开发经验与研究成果,系统地介绍了地理信息系统工程的基本原理、技术方法、实施过程、应用实例和发展趋势。书中所涉及的主要内容均是目前地理信息系统工程开发和管理主要考虑的关键问题。全书共分九章,主要内容包括:概论、需求调查与可行性分析、系统设计、系统实施、系统测试、系统维护与评价、地理信息系统工程管理、地理信息系统工程应用、地理信息系统工程趋势与问题探讨。每章后附有思考题,可供读者在学习后抓住重点、难点问题去思考。

本书可作为地理信息科学、测绘工程、城市规划、土地管理等有关专业本科生和研究生的教材或辅助教材,也可作为地球科学、信息科学等相关专业学生、管理人员和研究人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

出版社, 2015.9

教育部高等学校测绘类(含地理信息)专业教学指导委员会规划教材

ISBN 978-7-5030-3802-0

I. ①地… II. ①张… III. ①地理信息系统—高等学校—教材 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 223224 号

责任编辑	贾晓林	封面设计	李伟	责任校对	董玉珍	责任印制	喻迅
出版发行	测绘出版社			电 话	010—83543956(发行部)		
地 址	北京市西城区三里河路 50 号				010—68531609(门市部)		
邮政编码	100045				010—68531363(编辑部)		
电子邮箱	smp@sinomaps.com			网 址	www.chinasmpp.com		
印 刷	三河市世纪兴源印刷有限公司			经 销	新华书店		
成品规格	184mm×260mm						
印 张	17.5			字 数	430 千字		
版 次	2015 年 9 月第 1 版			印 次	2015 年 9 月第 1 次印刷		
印 数	0001—2000			定 价	45.00 元		

书 号 ISBN 978-7-5030-3802-0/P · 813

本书如有印装质量问题,请与我社门市部联系调换。

序

当今,全球信息化的浪潮一浪高过一浪,随着全球卫星导航定位技术、天空地一体化智能感知技术、地理信息服务技术、互联网和物联网技术、云计算和网格计算技术的快速发展,地球表层的几何特征和物理特征、人们的行为和位置、大气、水质、环境等的每一点变化,都成为了可被感知、记录、存储、分析的对象,全球信息化已进入大数据时代。

大数据时代的到来,是信息时代数字化、网络化和智能化必然的发展趋势,是全球信息化发展到高级阶段的产物,正在融入地图学与地理信息工程学科的发展进程中。首先,地图仍然是今天人们工作、学习和生活不可缺少的科学工具,而大数据为地图学在信息时代的发展注入了新鲜血液。作为地图学主阵地的地图仍是大数据融合的最佳载体或地理空间框架,是最直观的可视化表达方法。数字地图制图、网络地图制图、智能地图制图已成为信息时代地图学发展进程中里程碑式的“亮点”。其次,大数据为地理信息工程提供了从 TB 级跃升到 PB、EB 乃至 ZB 级规模的数据;大数据融合、统计分析和数据挖掘给地理信息工程学科的发展带来了新的机遇和挑战;基于云计算的大数据分布式存储和并行处理以及地理信息网络服务、网格服务和云服务,成为地理信息工程学科研究的重点,地理信息系统已进入地理信息服务的新阶段。

伴随着信息时代数字化、网络化和智能化的进程,地图学与地理信息工程学科的教学内容也应该有新的发展。基于此,教育部高等学校测绘类(含地理信息)专业教学指导委员会组织国内部分高校从事地图学与地理信息系统学科专业领域教学和科研的教授们编写了这套教材。这套教材覆盖地理信息科学专业的主要专业课程,其内容涵盖地图与地图学基本理论、地图设计与地图制图的基本方法与技术、地理空间数据库与地理空间图形学基础、地理信息系统原理、地理信息系统工程、地理信息系统程序设计、地理信息系统应用、空间分析与数据挖掘原理以及地理空间数据安全等地图学(地图制图学)与地理信息系统(地理信息工程)的方方面面。既有基本概念,又有应用示例;既有课堂讲授和讨论的内容,又有课后思考题和作业,体现了理论和实际的结合。该套教材,可作为各高等学校地理信息科学专业、测绘工程专业以及相关专业的本科教材或研究生的参考用书。

目前,我国已有一百多所高校开办测绘工程专业或地理信息系统专业,教学情况复杂,组织编写这类专业教材有一定难度,不易掌握教学内容的深度和广度。教材由不同高校的多位作者合作编写,在编写过程中,尽量做到专业知识全面覆盖,做好各教材之间的知识交叉与衔接,保持语言文字的风格统一,但在这些方面有可能还是存在某些缺陷和不足,衷心希望使用本套教材进行教学的老师和同学提出宝贵的意见和建议,以便再版时改进。

中国工程院院士

王家凯

2014年夏

前言

地理信息系统 (geographic information system, GIS) 是一门涉及地球科学、信息科学、测绘科学及遥感技术的交叉科学。GIS 自 20 世纪 80 年代引入我国, 经过 30 多年的发展, 已逐步成为一门独立的学科。特别是近十年, GIS 呈现出快速发展的态势, 已经广泛和深入地应用于国民经济的各个领域和人们生活的诸多方面。但是由于 GIS 的多学科交叉和高度复杂性特点, 在建设 GIS 过程中, 需求、设计、组织及管理等诸多因素的相互交叉影响导致 GIS 不能满足现实的需要, 出现资金和人力的巨大浪费现象。这同时也反映出 GIS 工程管理和开发与用户需求发展速度的不相适应。目前, 全国很多高等院校都设立了 GIS 本科专业, 在研究生教育中, 也设立了 GIS 高级应用课程。但是 GIS 工程的开发和管理一直是 GIS 专业课程设置的弱点和不足, 截止目前我国还没有一本面向地理信息科学及其相关专业的 GIS 工程管理与应用类教材。基于这一迫切需要, 我们组建了 GIS 工程教材的写作班子, 他们都是本领域具有丰富理论知识和实践开发能力的知名专家和学者, 结合他们多年的项目实践和科研成果, 组织编写了这本 GIS 工程教材。

本书以 GIS 工程为主线, 以 GIS 工程的生命周期阶段为内容, 系统介绍了 GIS 工程的原理和方法、项目工程实践和发展趋势, 所涉及的内容和技术是 GIS 工程管理和开发实践的主要问题。全书共分九章, 内容包括: 第 1 章概论, 从软件工程实践和应用角度出发, 结合成熟的软件工程理论, 概述 GIS 工程的基本理论和主要内容。第 2 章需求调查与可行性分析, 结合 GIS 工程实践, 阐述了 GIS 工程的系统分析相关原理和方法, 包括系统调查与需求分析、可行性分析。第 3 章系统设计, 首先概述了系统设计的 8 个方面, 然后根据系统规模又介绍了总体设计和详细设计, 最后对系统设计的数据库设计、功能设计、服务设计、界面设计、网络设计和安全设计等内容分别进行了阐述。第 4 章系统实施, 介绍了系统实施的数据处理与建库、程序编制、系统调试与集成、人员培训等内容。第 5 章系统测试, 首先阐述 GIS 测试的目的和内容; 然后讨论了 GIS 常用的测试方法、测试流程和测试策略, 介绍系统测试环境的构建和常用测试工具; 最后讲述了 GIS 的测试内容和测试方法。第 6 章系统维护与评价, 首先阐述了软件系统维护、数据维护与更新、系统维护管理三个方面的内容, 然后从技术评价和效益评价两个方面对系统评价进行了介绍, 最后具体讲述系统维护与评价过程。第 7 章 GIS 工程管理, 介绍了 GIS 项目的申请与立项, 项目文档、项目计划与组织管理、项目质量控制、工程监理与验收、标准化实施等内容。第 8 章 GIS 工程应用, 选取了一些具有代表性的 GIS 工程建设项目案例, 通过对 GIS 项目实施过程的讲解, 加深对 GIS 工程理论和技术的理解。第 9 章 GIS 工程技术发展趋, 首先介绍了 GIS 工程技术的发展趋势和一些新技术和新方法, 然后对 GIS 工程实施中的一些关键问题进行了探讨。

本书由张新长总体策划并拟定编写大纲, 第 1 章、第 2 章、第 8 章由张新长、王海鹰编写, 第 7 章、第 9 章由任伏虎编写, 第 3 章、第 4 章由郭庆胜编写, 第 5 章、第 6 章由曾文编写。初

稿完成后由张新长进行统稿和完善。在本书的写作过程中,得到了王家耀院士认真细致的指导,北京大学邬伦教授、中国地质大学(武汉)谢忠教授为本书提出了许多有益的和建设性的修改意见,在此表示衷心的感谢!中山大学 GIS 专业博士研究生郭泰圣等协助完成了本书初稿的文字和图片整理和校对工作,本书在编写过程中参阅和引用了国内外学者很多论著,在此一并表示感谢。

本书从构思大纲到最终定稿,前后花费 3 年多时间,虽然力求涵盖 GIS 工程的原理方法和技术实践。但由于作者能力和水平的局限,书中难免存在各种错误和不足之处,恳请读者批评斧正!

张新长

2015 年 9 月 7 日于中山大学康乐园

目 录

第 1 章 概 论	1
1.1 引 言	1
1.2 工 程	1
1.3 GIS 工程综述	2
1.4 GIS 工程管理与设计原则	5
1.5 GIS 工程生命周期各阶段内容	8
思考题	17
第 2 章 需求调查与可行性分析	18
2.1 引 言	18
2.2 系统调查与需求分析	18
2.3 可行性分析	24
2.4 系统调查与分析案例	26
思考题	35
第 3 章 系统设计	36
3.1 引 言	36
3.2 数据库设计	46
3.3 功能设计	50
3.4 服务设计	51
3.5 界面和地图设计	55
3.6 网络设计	59
3.7 安全设计	65
思考题	68
第 4 章 系统实施	69
4.1 引 言	69
4.2 数据处理与建库	69
4.3 系统开发环境搭建	74
4.4 程序代码编写	75
4.5 调试与修改	79
4.6 原型系统建模	80
4.7 对已有系统的扩展	82
4.8 系统集成与评估	83
4.9 用户培训	87
思考题	87
第 5 章 系统测试	88
5.1 引 言	88

5.2 系统测试目的与内容	88
5.3 系统测试流程与方法	91
5.4 系统测试环境与工具	104
5.5 案例分析	106
思考题	112
第6章 系统维护与评价	113
6.1 引言	113
6.2 软件系统维护	113
6.3 数据维护与更新	114
6.4 系统维护管理	118
6.5 系统评价	120
6.6 系统维护与评价案例	122
思考题	126
第7章 GIS 工程管理	127
7.1 引言	127
7.2 申请与立项	127
7.3 项目文档	137
7.4 项目计划	148
7.5 项目组织与管理	150
7.6 工程质量控制	158
7.7 工程监理与验收	168
7.8 标准化实施	173
思考题	174
第8章 GIS 工程应用	175
8.1 引言	175
8.2 基础地理信息数据库管理系统	175
8.3 城乡规划数据库管理系统	191
8.4 数字城市公共服务平台	205
思考题	224
第9章 GIS 工程趋势与问题探讨	225
9.1 引言	225
9.2 GIS 工程技术发展趋势	225
9.3 新技术与新方法	236
9.4 GIS 工程问题探讨	251
思考题	256
参考文献	258
附录 系统调查分析案例的数据清单	264

第1章 概论

1.1 引言

地理信息系统(geographic information system, GIS)是一门涉及地球科学、信息科学、测绘科学及遥感技术的交叉科学。它以空间数据库为基础,利用地理模型实现地理信息的采集、存储、检索、分析、显示和更新。GIS应用的复杂度非常大,合理的组织、管理和实施是GIS建设是否成功的关键。它的建设是一个系统工程。在软件工程的基础上,经过近20年的建设,结合GIS自身特色,逐步形成了GIS工程,为GIS建设提供了科学的方法。

本章从软件工程实践和应用角度出发,结合成熟的软件工程理论,概述GIS工程的基本理论和主要内容。

1.2 工程

1.2.1 基本概念

从汉语言的角度来看:工,即工作,引申为目标;程,即程序、过程、流程。工程是一个动态的概念,它是为了完成一个目标而实践的一个活动过程。中国古代就有关于“工程”的文字记录,在《新唐书·魏知古传》中有“会造金仙、玉真观,虽盛夏,工程严促”的记载,其“工程”一词所指是土木构筑的意思。后来,在汉语言运用过程中逐渐衍生出了“功课的日程”“各项劳作”等意思。从西方的词源来讲:工程(engineer)来自于发动机引擎(engine),它起源于西方工业革命时期,指的是人们利用物理学等纯科学的知识造出了有利于人类社会生产实践的产物的实践活动。随着人类文明的发展,人们可以建造出比单一产品更大、更复杂的产品,这些产品不再是结构或功能单一的东西,而是各种各样的所谓“人造系统”(如建筑物、轮船、铁路工程、海上工程、飞机等),于是工程的概念就产生了,并且它逐渐发展为一门独立的学科和技艺。

工程是科学的某种应用,通过这一应用,使自然界的物质和能源的特性能够通过各种结构、机器、产品、系统和过程,以最短的时间和精而少的人力做出高效、可靠且对人类有用的东西。在现代社会中,“工程”一词有广义和狭义之分。就狭义而言,工程定义为“以某组设想的目标为依据,应用有关的科学知识和技术手段,通过一群人的有组织活动将某个(或某些)现有(自然的或人造的)实体转化为具有预期使用价值的人造产品过程”。就广义而言,工程则定义为有价值取向的主体,包括国家、组织和个人,通过适当的方法、理论或技术,作用于某种客体以达到某种目的的整个过程。

1.2.2 主要职能

工程的主要科学依据是数学、物理学、化学,以及由此产生的材料科学、固体力学、流体力

学、热力学、输运过程和系统分析等。依照工程对科学的关系,工程有如下主要职能:

(1)研究。应用数学和自然科学的概念、原理、实验技术等,探求新的工作原理和方法。

(2)开发。解决把研究成果应用于实际过程中所遇到的各种问题。

(3)设计。选择不同的方法、特定的材料并确定符合技术要求和性能规格的设计方案,以满足结构或产品的要求。

(4)施工。包括准备场地、材料存放、选定既经济又安全并能达到质量要求的工作步骤,以及人员的组织和设备利用。

(5)生产。在考虑人和经济因素的情况下,选择工厂布局、生产设备、工具、材料、元件和工艺流程,进行产品的试验和检查。

(6)操作。管理机器、设备以及动力供应、运输和通信,使各类设备经济可靠地运行。

(7)管理及其他职能。

1.2.3 相关分类

从不同角度理解工程,可以延伸出以下不同的概念:

(1)指将自然科学的理论应用到具体工农业生产部门中形成的各学科的总称。如水利工程、化学工程、土木建筑工程、地理信息系统工程、测绘工程、生物工程、海洋工程、环境微生物工程。

(2)用较多的人力、物力来进行较大而复杂的工作,要一个较长时间周期来完成。如城市改建工程、京九铁路工程、三峡工程。

(3)将基础科学应用于工业生产以提高生产力的应用科学技术的总称,即称为“工程学”。

(4)关于工程的立项,称为“工程项目”。

(5)一个全面的、大型的、复杂的包含各自项目的工程,称为“系统工程”。

1.3 GIS 工程综述

1.3.1 基本概念

1. 软件工程

玻姆(Boehm)曾为软件工程下了定义:运用现代科学技术知识设计并构造计算机程序及为开发、运行和维护这些程序所必需的相关文件资料。1983年IEEE^①给出的定义为:软件工程是开发、运行、维护和修复软件的系统方法。可见,软件工程是计算机科学的一个分支,同时也是一门交叉学科。它是一门指导计算机软件开发和维护的工程学科,集成应用了计算机科学、数学及管理科学等原理,借鉴传统工程的原则、方法,创建软件以达到提高质量、降低成本的目的。其中,计算机科学、数学用于构造模型与算法;工程科学用于制定规范、设计范型、评估成本及确定权衡;管理科学用于计划、资源、质量、成本等管理。其主要思想是在软件生产中用工程化的方法代替传统手工方法,这种工程化的思想贯穿到需求分析、设计和实现,直到维

^① IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers, 电气和电子工程师协会。

护的整个过程。

2. GIS 工程

GIS 工程就是在 GIS 软件开发整个过程中,遵循一般软件开发的工程化原理和方法,并顾及 GIS 软件开发的特殊规律和要求,对 GIS 软件从系统分析调查、可行性研究、需求分析、总体设计、详细设计、软件编制和软件测试,直到软件维护的各个阶段进行工程化规范的一门技术。GIS 本身是一个复杂工程,其空间数据、开发模式、软件体系越来越庞大,导致其软件开发成本、硬件成本和数据成本越来越大。因此,有必要利用系统原理和方法,针对特定的实际应用目的和要求,统筹设计、优化、建设、评价和维护 GIS 系统的全部过程和步骤。

GIS 工程涉及的学科包括地理学、测量学、地图制图学、摄影测量与遥感、计算机科学、数学、统计学以及与分析空间数据有关的学科。GIS 工程是地理信息工程学科的总称,随着一个又一个基本建设项目(如地理信息数据库管理系统工程、基础地理信息系统平台工程等)的完成及应用,GIS 工程的应用领域与应用范围越来越开阔,具有广阔的应用前景。

3. 工程与 GIS 工程的共性与不同

工程是将自然科学的原理应用到工农业生产部门中而形成的各学科的总称。如土木工程、机械工程、化学工程、采矿工程、水利工程和航空工程,也称“工程学”。工程是一个动态的实践创建过程,工程活动是以建造为核心的活动,具有系统性、目的性、动态性、科学性和人文性的特征。GIS 工程是针对地理信息系统建设的特定目标和要求,采用软件工程学的原理和方法,统筹设计、优化、建设、评价、维护和使用 GIS 系统的全部过程及步骤。可见,GIS 工程同样是以建造 GIS 系统为核心的活动,同样具有工程的特征。GIS 工程是软件工程的一个重要组成部分和分支。

它们的不同是:①涵盖范围不同。工程一般指化工业、土木或水利施工等大中型工程的建造过程。而 GIS 工程的涵盖范围很小,指的是 GIS 软件的设计、开发和维护的过程。②学科领域不同。化工业、土木或水利施工等工程,根据其不同的目标和要求,应用的学科有数学、化学、物理学、机械学、水利学、建筑学、工程力学和流体力学等。GIS 工程涉及的学科较为集中,一般有地理学、测量学、地图制图学、摄影测量与遥感、计算机科学、数学、统计学以及与分析空间数据的有关科学方法。③工程目标形式不同。如化工业、土木或水利施工等工程目标,一般是以可见工程实体、设施、使用和管理机构存在。而 GIS 工程,一般是以 GIS 程序、文档、系统使用及维护人员等形式存在。④活动的主体不同。工程活动的主角是工程师、工人和企业家。GIS 工程活动的主角是 GIS 程序员、项目经理。

1.3.2 GIS 工程的特性

1. GIS 工程具有一定的广泛性

GIS 工程是系统原理和方法在 GIS 工程建设领域内的具体应用。它的基本原理是系统工程,即从系统的观点出发,立足于整体,统筹全局,又将系统分析和系统综合有机地结合起来,采用定量的或定性定量相结合的方法,提供 GIS 工程建设模式。同时,GIS 工程在很大程度上是计算机系统软件工程项目,它在软件设计和实现上要遵循软件工程的原理,研究软件开发的方法和软件开发工具,争取以较少的代价获取用户满意的软件产品,提升 GIS 工程的实用性和科学性。

2. GIS 工程具有相对的针对性

GIS 工程总是面向具体的应用而存在,它伴随着用户的背景、要求、能力和用途等诸多因素而发生变化。这一方面说明 GIS 具有很强的功用性,另一方面则要求从系统的高度抽象出符合一般 GIS 工程设计和建设的思路 and 模式,用以指导各种 GIS 工程建设。

3. GIS 工程的复杂性与广泛性

GIS 工程贯穿工程设计、优化、建设、评价和维护更新等全过程,并综合考虑人的因素和物的因素,在其整体统筹考虑的范畴内做到“物尽其用,人尽其能”,以最小的代价取得最佳的收益。GIS 工程涉及因素众多,概括起来可以分为硬件、软件、数据及人。硬件是构成 GIS 的物理基础;软件是 GIS 的驱动模型;数据是 GIS 的血液;人则是活跃在 GIS 工程中的另一个十分重要的因素,人既是系统的提出者,又是系统的设计者、建设者,同时还是系统的使用者、维护者。如果人的作用发挥得好,可以增强系统的功能,增加系统的效益,为系统增值,反之会削弱系统应有的潜能。如果说硬件、软件、数据表现出某种层次关系的话,即软件构筑于硬件之上,数据赖以软件而存在,那么,人的作用就是嵌入在整个 GIS 工程领域之中。

与一般信息系统相比,GIS 是以管理具有定位特征的空间数据为其主要特征的计算机软硬件系统,其功能强大,种类繁多,数据种类多样,应用性强,结构复杂,主要表现为:

(1) 横跨多学科的边缘体系,GIS 是由计算机科学、测绘学、摄影测量学、地理学、地图制图学、人工智能、专家系统和信息学等组成的边缘学科。

(2) 以空间数据为主,数据类型多样。从内涵上说,GIS 包含有图形数据、属性数据和拓扑数据。从形式上说,包含有文本数据、图形数据、统计数据 and 表格数据。所有数据皆以空间位置数据为主要核心,在图形数据库 and 属性数据库之间建立联系。

(3) 数据结构复杂。地理对象进入 GIS 系统的过程是一个抽象、取舍、定义、编码结构化和模型化的过程。空间数据模型通常将其以点、线、面和体四种类型描述,其编码方法有坐标序列法、树状索引编码 and 拓扑表达法,表达方式非常复杂。如果通过栅格表达,其编码方式有链式编码、行程编码、块状编码 and 四叉树编码等。

(4) 以应用为主,类型多样。GIS 以应用为主要目标,针对不同领域,应用不同 GIS,如土地信息系统、资源与环境信息系统、辅助规划系统和地籍信息系统。不同的 GIS 具有不同的复杂性、功能 and 要求。

(5) 以空间分析为主。GIS 的空间分析功能是区别于其他计算机信息系统的显著特征之一。利用空间分析技术,用户可以获得新的经验和知识,并以此作为空间行为的决策依据。GIS 基本空间分析技术有空间查询和量算、缓冲区分析、叠加分析、网络分析和空间统计分析等。

上述情况决定了 GIS 工程是一项十分复杂的系统工程,投资大、周期长、风险大、涉及内容繁多。它具有一般工程所具有的共性,同时又存在着自己的特殊性。在一个具体的 GIS 开发建设过程中,需要领导层、技术人员、数据拥有单位、各用户单位与开发单位的相互协作合作,涉及项目立项、系统调查、系统分析、系统设计、系统开发、系统运行和维护多阶段的逐步建设,需要进行资金调拨、人员配置、开发环境策划 and 开发进度控制等多方面的组织和管理。

1.4 GIS 工程管理与设计原则

1.4.1 GIS 工程管理

GIS 工程管理是以 GIS 项目管理为核心,以控制 GIS 项目进度为目的,并合理控制项目预算、项目物资的使用,对项目进行全方位的管理。从 GIS 项目立项开发,到项目完成为止,实行项目全过程的跟踪管理。GIS 工程管理其实贯穿于 GIS 工程生命周期全过程,在 GIS 项目开发过程中,无时无刻不存在。其执行者是项目管理人员,项目管理人员通过文档、表格、图形甚至 PPT 等方式,表达 GIS 项目管理的各项内容。通过下发文档、会议布置和单独交流等形式实现项目管理。

GIS 工程管理的内容包括组织管理、计划管理、项目财政预算、质量与合同管理、项目执行的监督和管理、项目收尾工作及管理、系统维护与更新、报告与文档管理、系统版本管理等。

1. 组织管理

GIS 建设除了具有巨大的工作量外,在技术上也非常复杂。虽然引入系统工程和软件工程的思想,发展了适应 GIS 工程的建设方法,然而在实际建设过程中仍会出现计划的前后不一致,经费和人员不能实时落实到位,开发过程过分复杂等一系列问题,因此进行科学的组织管理工作,做到技术落实、组织落实和费用落实,仍是 GIS 建设中一项非常重要的、不容忽视的工作,是 GIS 项目顺利实施的重要保障。

1) GIS 建设领导管理

GIS 建设耗时长,成本高,涉及部门多,所以必须加强组织管理工作。在整个系统的建设中,应成立专门的领导小组,由用户单位的最高层领导担任组长,负责 GIS 建设中的人员组织、任务分配、组织实施计划编制、检查工作的进度和质量,保证经费落实,人员到位,处理系统建设中出现的一切重大问题,协调各开发单位及部门的关系等。

2) 组织机构与人员分配

GIS 建设除了高层的领导小组外,还应按系统的规模设置技术小组,负责开发建设中的各种技术问题,设置各种开发工作组,承担 GIS 的具体开发建设工作。在整个组织机构中,最底层的各开发工作组人力最多,应涉及有关计算机软硬件人员、与工程有关的技术人员、用户单位业务人员、信息系统人员等各类专业人员,而且在各个开发阶段需要的人力并不相同,具有一定的流动性,应按具体 GIS 的建设状况做出合理的分配。一般地说,计划与分析阶段只需要很少的人,总体设计参加的人略多一些,详细设计的人又多一些,到了开发和测试阶段,参加的人员达到最高峰。在运行初期,需要较多的人参加维护,但很快又会减少下来。

2. 计划管理

保证 GIS 建设有计划、有组织和有步骤地进行,避免盲目性。这包括对需要完成的工作按任务分解,落实到具体的组织和人,指明每项任务的要求;进行进度控制,预定每项工作任务的起始日期,规定完成的先后次序及完成的标志,并进行有效的控制;对各项开发费用进行预估,进行合理有效的使用。

一般有以下几种进度安排方法,分别是里程碑表示法、甘特图表示法、关键路径表示法和墙纸法。对于中小型项目来说,较常用的是里程碑表示法;对于大型项目来说,很多管理者喜

欢用墙纸法。甘特图表示法是以时间为线索,对项目中的每一项任务进行表达,表达非常清楚,但是对项目各任务的关系影响缺乏描述,往往用于文档中的进度说明。

3. 项目财政预算

项目财政预算主要内容有人力费用、材料和办公用品费用、设备费用、软件费用、软件和硬件的维护费用、内部服务费用和其他费用等。除人力费用外,其他六项都是非直接项目费用。这些费用都有专门的计算方法,如上溯法、下溯法、单价法和人力费用法。总之,对于项目的财政预算是一个复杂的问题,在对项目定价时,需要考虑用户的预算、市场价格、自身内部费用和合同的种类等问题。

4. 质量与合同管理

对于一个项目来说,项目双方对质量的要求和认识是不同的,有客户认定的质量、同行认定的质量、公司自身认定的质量以及合同定义的质量等。通常的质量标准是以被服务一方为准则,做到让被服务一方满意,达到客户的期望。因此,对服务方来说,应尽量多了解服务对象的质量标准。在服务合同协议中尽可能地对有关质量标准内容加以说明,使项目双方对项目的产品或服务质量达成共识,目的在于保证 GIS 产品(最终的系统和文档)质量。为确保 GIS 产品的质量,对每个项目都应订出质量保证计划,并由专设的质量保证小组负责贯彻,对每一阶段的内容进行审查验收。

5. 项目执行的监督与管理

项目的监督和管理是保证项目是否能够按计划完成的关键,也是项目管理人员的主要任务之一。项目执行过程中,项目的进度和预算能否按计划执行是项目监督和管理的主要内容。其主要过程分为以下几个步骤:

(1)费用预测表。根据项目最初的计划书和预算表,将整个项目按照各个任务分解,将费用以表格形式表示出来。

(2)进度估测。根据各项任务的预算及目前完成情况的百分比,计算出项目各任务的实际花费。

(3)计算项目实际进度。根据项目总预算和目前实际花费,根据项目进度等于实际总花费除以项目总预算公式,可以算出项目目前的进度情况。

(4)项目进度总报告。在报告中,整个项目进度完成状况,提前或推迟完成的具体时间长短,预算超支与否都要一目了然。

项目管理人员就是通过一系列的报表,来分析项目的状况,找到问题发生的原因,制订相应的对策。

6. 项目收尾工作及管理

一个项目的收尾工作是项目管理人员容易忽略的地方。因此,要求项目管理人员付出更多的精力和时间来完成项目的最后部分。通过一些项目实施和收尾工作实践,我们可以获得一些事实和经验,需要项目管理人员特别加以了解:

(1)几乎没有一个项目是 100% 完成的,或多或少都会留下未完成的细节。

(2)项目收尾时,会发现很多细节都需要修改,并且需要花费很多的时间。

(3)尽快完成最后的书面材料。

(4)没有完全的必要,千万不要做任何改动。

(5)不要想办法做更多的提高,而应想办法尽可能地结束这个项目。

7. 系统维护与更新

包括数据的维护与更新、软件的维护与更新、硬件的维护与更新。

8. 报告与文档管理

为了对系统建设进行科学管理,并使系统建设文档规范化,在 GIS 项目建设过程中,必须完成以下各项文件:①立项报告;②可行性研究报告;③系统设计任务书;④用户需求分析报告;⑤系统总体设计方案和各子系统设计方案;⑥系统实施总结报告;⑦系统测试报告;⑧用户使用报告;⑨系统验收报告;⑩系统建设总结报告。报告与文档的具体内容可参考软件工程相关文献。它们作为整个 GIS 的组成部分,是进行系统维护的重要依据,应制定相应的文档编制规范,确保文档资料的质量,并进行质量验收,对已经编制好的文档资料要妥善管理。

9. 系统版本管理

指对于系统程序、文档和数据的各种版本进行的管理,保证资料的一致性和完整性。包括维护机构和人员、维护时期的配置管理、维护时期的文档管理、维护费用的估算等内容。

1.4.2 计划管理原则

用分段的生命周期计划严格管理是最重要的原则之一。玻姆认为,工程的整个生命周期应该制订并严格执行六类计划:项目概要计划、里程碑计划、项目控制计划、产品控制计划、验证计划和运行维护计划等。

1. 项目概要计划

项目运行需要提出一个概要计划,这个计划使管理人员、开发人员和客户明白项目任务、项目完成结果、项目进度安排和资金预算等实际问题。

2. 里程碑计划

对项目进行分阶段控制,以里程碑作为完成项目某个阶段任务的标志。因此,要确立里程碑的关键性指标。

3. 项目控制计划

对项目的进度进行严格控制,制作项目进度甘特图,确保总体进度。确立最小控制周期,利用项目进度表控制项目进程。项目经理在每个最小周期内对项目任务进行分配,并且通过各种方式及时解决上一周期出现的问题。

4. 产品控制计划

需要建立一个完善的项目产品质量控制计划,然而这一方面往往被人所忽视。不注重这一点的后果是,在项目后期堆积大量的项目质量问题,成为项目进度延后甚至失败的重要原因之一。为此,需要建立一个专门的质检计划,最好结合里程碑进行产品质量的检查,并以此决定下一步的工作,提出解决办法。

5. 验证计划

项目在开发结束之后,需要组织测试人员和客户等对产品进行验证和体验,包括测试性能可靠性、功能完整性和系统稳定性,以及客户对系统使用的实用性、有效性和方便性等方面的问题。

6. 运行维护计划

建立系统运行维护的机制,实现项目运行的长效性。开发方负责对客户进行使用和维护的相关培训,同时要有一套解决系统长期运行维护的方案和计划。

1.4.3 阶段评审原则

第一,大部分错误是在编码之前造成的,玻姆等人的统计,设计错误占软件错误的63%,编码错误仅占37%;第二,错误发现与改正越晚,所需付出的代价越高,见图1.1和图1.2。

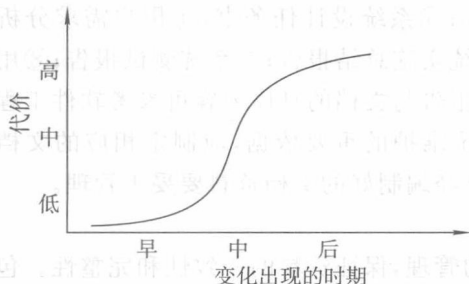


图 1.1 引入同一变动付出的代价随时间变化的趋势

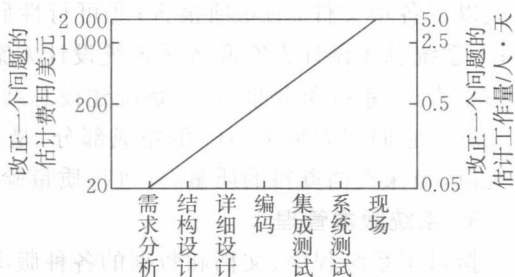


图 1.2 改正一个问题需要付出的代价

1.4.4 产品控制原则

为了保持系统各个配置成分的一致性,必须实行严格的产品控制,其中主要是实行基准配置管理。所谓基准配置又称为基线配置,它们是经过阶段评审后的系统配置成分(各个阶段产生的文档或程序代码)。基准配置管理也称为变动控制:一切有关修改系统的建议,特别是对基准配置的个性建议,都必须按照严格的规程进行评审,获得批准以后才能实施修改。

1.4.5 其他一般性原则

(1)采用现代程序设计技术原则。采用先进的技术可以提高软件开发的效率,又可以减少软件维护的成本。项目开发需要使用如面向对象技术、接口技术和面向服务架构技术等现代程序设计技术。

(2)开发小组人员少而精原则。开发人员的素质和数量是影响软件质量和开发效率的重要因素,应该少而精。当开发小组人员数为 N 时,可能的通信路径有 $N(N-1)/2$ 条。可见,随着人员 N 的增大,通信开销将急剧增加。

(3)工程各阶段可清晰审查原则。软件是一种看不见、摸不着的逻辑产品。为更好地进行管理,项目管理人员应根据软件开发的总目标及完成期限,建立项目各阶段的审查机制,建立审查计划和相关表格文档,确保项目开发的进度和质量。

(4)改进工程实践必要性原则。按照这条原则,不仅要积极主动地采纳新的软件技术,而且要注意不断总结经验,例如,收集进度和资源耗费数据,收集出错类型和问题报告数据等。

1.5 GIS 工程生命周期各阶段内容

GIS工程在其生命周期的各阶段建设内容,包括系统立项规划、系统调查分析、系统设计、系统开发与实施、系统维护和评价、GIS建设的组织管理等。在每个阶段,按照相应的规范进行工作,并取得该阶段的成果,是保证整个开发活动成功的关键。尽管GIS的种类繁多、应用领域广泛、技术要求相差大、没有一成不变的模式可供使用,然而无论何种GIS,其开发建设仍

可遵循下面介绍的方法进行。

根据 GIS 建设的时间序列,可以把建设过程分为五个阶段:需求调查和可行性分析、系统设计、系统实施、系统测试、系统维护和评价。另外,在开发的每一阶段,都会形成一定的文档资料,以保证 GIS 的开发成功,并最经济地花费人力、物力,且便于运行和维护。这些文档作为软件产品的成果之一,集中体现了 GIS 开发建设人员的大量脑力劳动成果,是 GIS 不可缺少的组成部分。

1.5.1 需求调查与可行性分析

1. 需求调查

需求调查是对用户要求和用户情况进行调查分析,确定系统的用户结构、工作流程,是在对用户进行深入细致的调查基础上进行的。它是 GIS 设计的基础,是系统开发工作中最重要的环节之一。需求调查使 GIS 开发者可以明确地了解用户对将要设计的系统从内容到行为的期望和需求。

其工作内容包括:用户现状调查(包括调查现有软件系统问题、数据现状和业务需求等),明确系统建设目标和任务,撰写并提交需求调研报告、系统可行性分析报告。从项目管理角度讲,系统需求调查分析可看作一个需求工程,通过应用已证实有效的技术、方法进行需求分析,确定用户需求,帮助分析人员理解问题并定义目标系统的所有特征。给待开发系统提供一个清晰的、一致的、精确的并且无二义性的模型,通常以软件说明书的形式来定义。

2. 可行性分析

可行性分析是针对建立系统的必要性和实现目标的可能性,从社会因素、技术因素和经济因素三大方面进行分析,以确定用户实力、系统环境、原始数据、数据流量、存储空间、软件系统、经费预算,以及时间和效率分析等。软件可行性研究的目的是用最小的代价在尽可能短的时间内确定该软件项目是否能够开发,是否值得开发。它是一次简化、压缩了的需求分析和设计过程,是要在较高层次上,以抽象的方式进行的需要分析和设计过程。

1.5.2 系统设计

在深入进行需求分析和可行性分析之后,为了实现软件需求规格书上的要求,必须将用户需求转化为对计算机系统的逻辑定义,即系统设计。人们把系统设计定义为“应用各种技术和原理,对设备、过程或系统做出足够详细的定义,使之能够在物理上得以实现”。系统设计是 GIS 项目开发和研制工作的核心,不但要完成逻辑模型所规定的任务,而且要使所设计的系统达到优化。与其他领域的工程设计一样,具有其独特的方法、策略和理论。

一般来说,需求分析阶段的任务是确定系统“做什么”,而设计阶段则要解决“怎么做”的问题,即按照 GIS 系统的建设需求,进行各种具体设计,确定 GIS 建设的实施方案。按 GIS 规模大小,通常又划分为总体设计和详细设计。

1. 总体设计

1) 总体设计的目标

总体设计要根据系统研制的目标规划系统的规模,确定系统的各个组成部分,并说明它们在整个系统中的作用与相互关系,以及确定系统的硬件配置,规定系统采用的合适技术规范,以保证系统整体目标的实现。一个优化的 GIS 必须具有运行效率高、可变性强、控件性能好