

高等学校规划教材

PLANNING TEXTBOOKS FOR HIGHER EDUCATION



地理信息系统工程概论

杨永崇 编著



西北工业大学出版社

西安科技大学十二五规划研究生教材

DILI XINXI XITONG GONGCHENG GAILUN

地理信息系统工程概论

杨永崇 编著



西北工业大学出版社

【内容简介】 本书针对当前地理信息系统(GIS)教育中存在的偏GIS理论和技术、轻GIS工程设计与管理的问题,全面系统地介绍了地理信息系统的概念体系、规划设计、数据工程、软件工程、维护工程以及工程管理等各方面的工作内容和技术方法,侧重GIS工程实践中的设计与管理的介绍。

本书可作为地图制图学与地理信息工程学科和地图学与地理信息系统学科硕士研究生的教材,也可作为从事地理信息工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统工程概论/杨永崇编著. —西安:西北工业大学出版社,2016.8
ISBN 978-7-5612-4996-3

I. ①地… II. ①杨… III. ①地理信息系统—概论 IV. ①P208

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第188132号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮编:710072

电 话:(029) 88493844 88491757

网 址:www.nwpu.com

印 刷 者:陕西天意印务有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:13

字 数:260千字

版 次:2016年8月第1版 2016年8月第1次印刷

定 价:38.00元

前 言

地理信息系统工程是随着地理信息系统（GIS）的应用而诞生的，即先有地理信息系统的概念后才有地理信息系统工程的概念。地理信息系统工程是以建立一套应用型地理信息系统为目的的建设工程，简单地说，地理信息系统工程就是建设GIS的工程，因此，有时也将地理信息系统工程称为GIS工程。

一套应用型地理信息系统是由计算机硬件、软件、地理空间数据和用户4部分组成的，硬件是构成地理信息系统的物理基础，包括计算机、图形图像输入/输出设备、网络设备等。软件是地理信息系统的驱动模型，包括系统软件、地理信息系统基础软件和各种应用软件等。数据是地理信息系统的血液和处理对象，也是地理信息系统效益和价值的体现，包括基础数据和各种专题数据等。人员是地理信息的灵魂，包括系统开发者（最高管理者和一般管理者、工程技术人员）和直接用户和潜在用户等。

GIS建设即地理信息系统工程包括了GIS硬件建设、GIS软件开发、GIS数据采集和GIS用户培训，其中最重要的是GIS软件工程和GIS数据工程。GIS应用的领域不同，地理信息系统工程中各部分的投资或工作量也不相同，有些地理信息系统工程以GIS数据采集部分为主（例如土地管理方面的地理信息工程），有些则以GIS软件开发部分为主（例如城市规划方面的地理信息工程）。GIS软件开发是GIS工程的核心，但不是GIS工程的全部。本书主要介绍与本专业密切相关的两部分：GIS数据采集和GIS软件开发。若前者犹如GIS的心脏，则后者就好像GIS的血液，两者对GIS工程具有同等的重要性。这是本书与其它同类书的区别所在。

地理信息系统工程的突出特点是需要把GIS技术与专业应用领域的技术紧密结合，是一项强烈依赖于二次开发的应用工程，其核心工作之一就是基于底层GIS软件或第三方GIS软件及相关硬件设备进行的应用开发与集成。另外，很多情况下GIS都与OA(办公自动化)融合在一起为用户服务，甚至在一些用户看来，GIS就是OA的一个子系统。

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。因此，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。

地理信息系统是一个实用化的计算机应用系统，完整的地理信息系统应用不是原理和技术方法的堆砌，而是基于系统化思想指导下的工程化建设过程。因此，地理信息系统工程是一个系统工程。加之，由于地理信息系统工程技术涉及面广，应用技术手段多样，系统因子关系复杂，因此地理信息系统工程应在更高的层次上正确应用系统工程的原理、思想、方法和各种准则来处理问题，形成大型地理信息系统工程建设的理论基础。这就是笔者编写本书的初衷。

回顾我国GIS的发展历史，可以看出GIS人才教育与培养起到了十分重要的作用。如今，我国的大多高校都开设了地理信息科学专业，但涉及工程的课程并不多见。目前GIS教育中存在的一个主要问题是重GIS理论和技术、轻GIS工程设计与管理。培养的学生虽然具有一定的GIS软件开发能力，但系统设计与管理能力普遍较弱。所以我们要尽快建立GIS工程的教学体系，这也是本书编写的初衷。

本书分为10章，第1章介绍了GIS工程的概念和框架，第2章和第3章介绍GIS规划设计工程，第4~6章介绍GIS数据工程，第7章和第8章介绍GIS软件开发工程，第9章介绍GIS维护工程，第10章介绍了GIS工程管理。本书可作为地图制图学与地理信息工程学科和地图学与地理信息系统学科硕士研究生的教材，也可作为从事地理信息工程技术人员的参考资料。

编写本书参阅了相关文献资料，在此向其作者表示敬意和感谢。在本书不断完善的过程中，要特别感谢西北大学城市与环境学院的谢元礼老师，他认真仔细地修改了本书的错误和缺点，并提出了宝贵的修改意见。

本书的编写虽然花费了很大的心血追求尽善尽美，但还是有许多不尽如人意的地方，书中难免存在不妥之处，恳请广大读者批评指正，以便使之日臻完善。

编者
2016年5月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 GIS工程的概念	1
1.2 GIS工程的框架	11
第2章 GIS系统需求分析	24
2.1 GIS工程启动	24
2.2 GIS用户类型及其功能需求	29
2.3 GIS需求调查	34
2.4 GIS系统分析	43
第3章 GIS工程总体设计	58
3.1 GIS工程总体设计概述	58
3.2 GIS体系结构设计	62
3.3 GIS工程建设方案设计	66
3.4 GIS应用模型设计	70
第4章 空间数据库详细设计	78
4.1 空间数据库设计概述	78
4.2 空间数据库的概念设计	83
4.3 空间数据的逻辑设计	85
4.4 空间数据库的物理设计	88
4.5 空间数据库的符号设计	89
第5章 GIS数据采集	93
5.1 GIS数据采集与数字化测绘的区别	93
5.2 基础地理数据采集方法	97
5.3 现有资料提取法	100
5.4 解译调绘采集法	102
5.5 摄影测量采集法	105

5.6	外业实测采集法	108
5.7	GIS属性数据采集	111
第6章	GIS数据处理与入库	115
6.1	GIS数据处理	115
6.2	GIS数据入库	123
6.3	GIS数据元数据	125
第7章	GIS软件详细设计与实现	128
7.1	GIS软件详细设计概述	128
7.2	GIS软件详细设计的工具	129
7.3	GIS功能详细设计	135
7.4	GIS软件用户界面设计	138
7.5	GIS系统实现	142
7.6	GIS系统测试	144
第8章	GIS软件开发	148
8.1	GIS软件的发展	148
8.2	GIS软件开发方法	152
8.3	GIS软件开发的相关技术	157
8.4	GIS软件的发展趋势	160
第9章	GIS维护工程	162
9.1	GIS安全与保密	162
9.2	GIS文档编写	165
9.3	数据库维护	171
9.4	软硬件维护	173
第10章	GIS工程管理	176
10.1	GIS工程管理概述	176
10.2	GIS工程的组织管理	180
10.3	GIS工程的业务管理	182
10.4	GIS工程的控制管理	187
附录	193
附录1	GIS用户需求分析报告或需求规格说明书的结构	193
附录2	GIS系统总体设计方案和子系统设计方案	195
附录3	GIS软件详细设计说明书	197
附录4	GIS用户手册的编写	198
参考文献	202

第1章 绪 论

1.1 GIS工程的概念

1.1.1 地理信息概述

人类生活在地球上，人类的一切活动无不与地理环境相关。什么时间，什么地点，发生了什么事情，为什么发生在这里，事发地点的环境及其与周围环境的关系，这是当今人们比以往任何时候都更为关心的问题。

人类借助地理空间信息来认识人类自身赖以生存和发展的地理环境，今天的世界已经成为没有地图、GIS就无法“运转”的时代，因为地图、GIS等都反映了客观世界的空间关系和空间结构。特别是GIS，它是人们表达世界、认识世界和改变世界的新的技术手段。

1. 地理信息的概念

地理环境是由分布在地表上的各种地理实体共同构成的。实体是客观世界中存在的且可以相互区分的单元，实体可以是具体的事物，也可以是抽象的概念。地理实体是具有空间分布特征的实体，它分为自然的和人工的。自然的地理实体包括河流、湖泊、森林、草原以及矿体等，人工的地理实体包括公路、铁路、电力设施、电信设施等各种设施。它们共同构成了人类生产和生活中重要的资源与环境，为了充分地利用和保护它们，就必须掌握它们的信息，即地理信息。

地理信息即地球表面上各种地理实体和地理现象的信息。具体地讲，地理信息（Geographic Information）是指与空间地理分布有关的信息，它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，分为空间信息和属性信息两类。

2. 地理信息的特点

信息是有价值的，就像不能没有空气和水一样，人类也离不开信息。因此人们常说，物质、能量和信息是构成世界的三大要素。而80%的信息为地理信息，所以说，地理信息是极其重要的。地理信息除了具备信息的一般特性外，还具备以下独特特性。

(1) 区域性

地理信息属于空间信息，是通过数据进行标识的，这是地理信息区别其他类型信息最显著的标志，是地理信息的定位特征。区域性即是指按照特定的经纬网或公里网建立的地理坐标来实现空间位置的识别，并可以按照指定的区域进行信息的并或分。

(2) 多维性

具体是指在二维空间的基础上，实现多个专题的地三维结构。即是指在一个坐标位置上具有多个专题和属性信息。例如，在一个地面点上，可取得高程，污染，交通等多种信息。

(3) 动态性

主要是指地理信息的动态变化特征，即时序特征。可以按照时间尺度将地球信息划分为超短期的（如台风、地震）、短期的（如江河洪水、秋季低温）、中期的（如土地利用、作物估产）、长期的（如城市化、水土流失）、超长期的（如地壳变动、气候变化）等。从而使地理信息常以时间尺度划分成不同时间段信息，这就要求及时采集和更新地理信息，并根据多时相区域性指定特定的区域得到的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. GIS的作用

单位或组织的运行离不开管理。组织管理是对单位或组织所拥有的各种资源进行决策、计划、协调、执行控制和评估等，从而有效实现其目标的过程。管理的基本职能是计划、组织、领导和控制。从信息处理的角度，组织的日常事务、日常管理与战略管理的各个环节离不开信息的收集、加工、分析与应用。因此，现代组织离不开信息技术，信息系统已成为大多数组织的有机组成部分。

对组织管理而言，信息与知识是首要的，技术是实现信息处理的手段。可以说信息技术是组织的基础设施，信息系统是组织管理的工具和手段。

自1962年世界上第一个地理信息系统——加拿大地理信息系统（CGIS）——诞生以来，短短50年间，GIS以研究采集和使用地球表面的空间数据而迅速发展起来。

GIS最基本的作用是建立空间数据库，实现了对有关数据的输入、存贮、检索和查询统计，改进了信息资源的管理和利用；GIS更高级的作用则是提供较强的空间分析功能，建立相应的应用模型，提供辅助决策功能。

空间数据库的建立及以此为基础的一系列空间分析方法的应用极大地促进了地理学的定量化发展研究，同时，也极大地促进了社会经济信息化发展的进程。地理信息和地理信息技术在政府部门和商业企业已经获得广泛认同，被当作是组织正常运转所不可缺少的重要信息资源。在科学研究与探索、政府行使管理职能和提供服务、公共设施企业资源管理等领域里，其重要性表现在下述方面。

- 1) 将GIS用于信息管理,提高组织的信息处理水平和管理效益;
- 2) 将GIS用于决策支持,提高组织的决策和服务水平;
- 3) 将GIS与商业价值链整合,降低交易成本和创造附加价值;
- 4) 将GIS技术进行组织变革和流程重组,提高组织的灵活性、效益和生产力;
- 5) 将GIS用于战略规划,提高组织竞争优势。

GIS目前主要应用于政府、公共事业、商业和个人服务四大领域。中央和地方政府部门使用GIS制作地图产品、提供地理信息服务,并应用于辅助决策和政策制定。公共事业部门包括电力、燃气、自来水、通信等,其大量的设施类资产分布在城市或乡村,需要GIS进行资产登记、设施维护、运行监测、应急处理等。而商业企业常常使用GIS进行位置决策、营销管理、客户服务等。20世纪90年代以来,GIS开始广泛应用于商业服务规划、交通与物流管理、市场竞争分析等领域,成为GIS快速增长的领域。进入21世纪,办公室日常办公(如MAPPOINT)、位置相关服务(LBS)、面向个人的地图服务将成为GIS的应用热点。

GIS已渗透到多个行业,毋庸置疑,它具有很大的应用潜力。但是,GIS技术本身并不会自动转化为应用,它要在组织、制度、业务与管理环境中通过严谨的软件系统开发和有效的项目管理,才能把GIS技术成功地应用到组织的业务处理、日常管理和战略决策中。

很多情况下,GIS都与OA融合在一起为用户服务,甚至在用户看来,GIS就是OA的一个子系统。例如,城镇地籍信息系统就是OA与GIS结合的典型应用,它不仅具有地籍信息管理的功能,也有土地登记发证的自动化办公的功能。GIS只有与用户的日常事务管理结合起来才能充分发挥它的作用,而且通过日常事务管理可以不断更新它的数据而使它保持系统数据的现实性。同样走GIS与OA结合的道路,GIS技术才能被广泛应用。

1.1.2 地理信息系统工程的概念

1. 地理信息系统工程的定义

地理信息系统工程是随着GIS技术的应用而产生的一种新概念,目前对于地理信息系统工程还没有一个统一或公认的定义,用词也不尽相同。

1) 地图制图学与地理信息系统工程是研究用地图图形科学地、抽象概括地反映自然界和人类社会各种现象的空间分布、相互联系及其动态变化,并对空间信息进行获取、智能抽象、存储、管理、分析、处理、可视化及其应用的一门科学与技术。从这个定义中可以看出地理信息工程是对空间信息进行获取、智能抽象、存储、管理、分析、处理、可视化及其应用的一门科学与技术。

2) 地理空间信息系统工程技术是在电子计算机技术、通信网络技术和地理空间信息技术的支持下,运用信息科学和系统工程理论和方法,描述和表达地球数据场和信息流的技术,是地理空间信息感知、采集、传输、存储与管理、分析、可视化与应用技术的总称。

3) 地理信息系统工程是指应用GIS的理论和方法, 结合计算机技术、现代测绘技术等, 用于解决具体应用的软件系统工程。地理信息工程的开发建设和应用包括系统的最优设计、运行管理, 以及资源配置管理, 需要管理学、系统运筹学、软件工程等学科知识, 因此称作一项系统工程。

4) GIS工程是应用系统原理和方法, 针对特定的实际应用目的和统筹设计、优化、建设、评价、维护实用GIS系统的全部过程和步骤的统称。

前两个定义了地理信息系统工程技术, 基本相同; 后两个定义了地理信息系统工程, 由于角度不同, 稍有差别。

综合起来, 本书认为地理信息系统工程是针对用户特定的实际应用目的和要求, 应用GIS的理论和方法, 结合计算机技术、现代测绘技术等, 为用户建设一套管理和应用相关地理信息的计算机系统的工程。

简单地说地理信息系统工程是一项综合运用GIS技术应用地理信息的工程。从系统工程的角度看, 地理信息系统工程就是为特定的应用目标而建立地理信息系统的一项系统工程。

传统的工程学科, 如水利工程、电力工程、建筑工程等, 以及现代的工程学科, 如气象工程、生物工程、计算机工程、软件工程等, 是人类社会发展和技术进步的保障, 而GIS工程是当今信息产业的支柱, 它为地学、土地科学与管理、资源环境、城市规划与管理、国防军事等学科的研究, 提供有效的技术支撑, 为国民经济各部门的预测、规划与决策提供科学依据, 在解决当今人口、资源、环境与社会经济的可持续发展以及在全球变化研究和对策制定中发挥着重要作用。

GIS工程是一项新型的工程, 迫切需要相应的理论和方法的指导, GIS工程的研究在促进GIS的推广应用方面具有十分重要的意义。

2. 地理信息工程的内容

(1) GIS工程工作内容

GIS工程主要涉及到GIS工程的规划与组织、方案总体设计和详细设计、系统开发和测试、系统运行和维护等诸多方面。虽然GIS工程有很多种类, 应用领域也不同, 但是其建设过程和规范基本一致。

具体包括下述工作。

1) 根据项目要求, 进行需求调查与分析, 确定地理信息系统的建设原则、定位与时间基准, 明确运行的地理数据, 制定系统更新策略与管理机制。

2) 根据项目要求进行数据库设计, 完成概念设计、逻辑结构设计、物理设计、数据字典设计、符号库设计、元数据库设计和数据库更新设计。

3) 根据系统设计, 进行平台选择、软件开发和集成, 进行样例数据的小区试验和系统功能的测试。

4) 根据项目要求和条件, 实施数据库构建, 进行数据准备、数据库模式创建、数据入库和质量检验工作。

5) 实施地理信息系统的整体测试、部署、交付与评价, 并进行系统的运行、管理与维护。概括起来主要包括以下两项工作。

1) GIS工程规划与组织——业务工作。GIS工程规划与组织是指GIS工程项目的规划、组织、管理、质量和进度控制以及项目验收等全过程。主要涉及以下几个方面: 确定工程项目的总体目标, 可行性方案论证(包括现有技术、数据、人员、经费、风险等), 招投标的组织与实施, 系统开发组织和管理, 系统运行与验收等。

2) GIS工程设计与建设——技术工作。当该工程项目通过立项、审批、招投标以及签订开发合同后, 则进入到项目的设计与开发阶段。整个阶段包括需求分析、总体设计、详细设计、编码实现、空间数据采集、空间数据建库、系统测试和运行等。

(2) GIS工程建设内容

GIS工程建设涉及因素众多, 概括起来可以分为硬件、软件、数据及人。①硬件是构成地理信息系统的物理基础, 包括计算机、图形图像输入/输出设备、网络设备等。②软件是地理信息系统的驱动模型, 包括系统软件、地理信息系统基础软件和各种应用软件等。③数据是地理信息系统的血液和处理对象, 也是地理信息系统效益和价值的体现, 包括基础数据和各种专题数据等。④人员是地理信息系统的灵魂, 包括系统的开发者(最高管理者和一般管理者、工程技术人员)和直接用户和潜在用户等。

其中, 软件构筑于硬件之上, 数据依赖于软件而存在, 人员的作用贯穿于整个地理信息系统工程之中。地理信息系统工程不管多么复杂, 都由硬件、软件、数据和人员等四大要素构成。因此, 地理信息系统工程或GIS建设包括下述4个项目。

GIS硬件建设: GIS的硬件绝大部分是计算机的硬件和外围设备, 个别硬件需要研制。所以, 该项子工程的主要任务是根据GIS工程设计, 选购满足GIS功能要求和性能指标的硬件, 并进行安装和调试。

GIS软件开发: 该项子工程主要是根据GIS工程设计的要求进行GIS的详细设计, 并选择合适的方法进行程序编写。

GIS数据采集: 该项子工程主要是根据GIS工程设计要求的数据内容和格式, 进行GIS空间数据和属性数据的采集, 并进行GIS数据处理与建库。

GIS用户培训: 主要是培训GIS用户使其掌握GIS工程的基础知识、软件使用方法和系统维护技术。

地理信息工程不同, 各项建设项目所占的投资比例或工作量也不相同。例如在应用于城市规划的地理信息工程中, GIS软件开发占主要投资; 在应用于土地管理的地理信息工程中, GIS数据采集占绝大部分投资。工程最主要的建设内容为软件系统和地理数据两个

方面，所以，本书主要介绍软件设计与开发工程和数据采集与建库工程，这两项子工程以及GIS用户培训，GIS硬件建设不做专门介绍。

3. 地理信息工程的流程

(1) GIS工程工作流程

尽管GIS的种类繁多、应用领域广泛、技术要求相差较大、没有一成不变的模式可供使用，然而无论何种GIS，按照工程化的思想进行划分，GIS工程的生存周期或建立的过程基本上都可划分为：前期工程（工程立项与招投标、系统调查分析）、设计工程（系统总体设计）、数据工程（数据采集与数据库建设）、工程实施（系统开发与实施）、维护工程（系统维护和评价）等5个阶段。即在用户需求调研报告的基础上，对系统进行总体设计，并制定系统建设的实施方案。以总体设计和实施方案为纲领，实施系统的详细设计、数据整理分析和开发测试工作。在系统开发完成之后进行系统试运行、完善系统及系统安装运行。

GIS工程可详细分以下几个阶段实施：工程立项与投标、GIS系统分析、GIS工程总体设计、软件开发、数据采集与处理、数据入库和系统运行与维护，如图1-1所示。这些阶段并不是严格的线性顺序关系，有些阶段往往可同时进行。

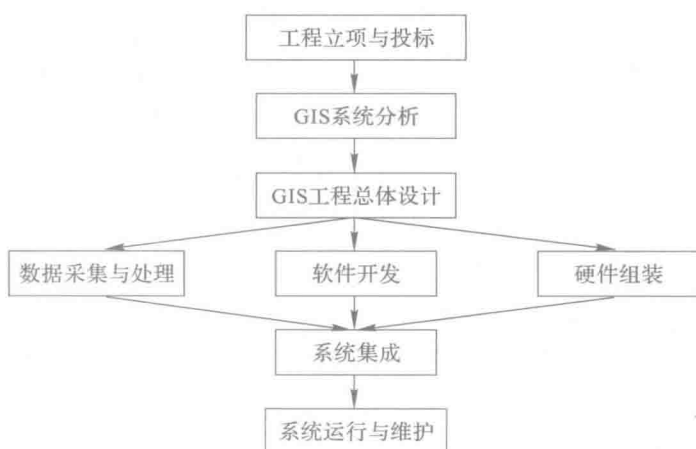


图1-1 GIS工程流程图

1) 工程立项与投标：用GIS的功能及其在国内外的成功范例，说明该项目所需的费用和项目对用户的意义。

2) GIS系统分析：调查用户要求管理的对象以及对系统功能的要求。

3) GIS工程总体设计：确定地理底图制作的精度和方法、管理对象信息的调查内容和方法、系统软件开发的方式和方法、数据入库的方案和系统运行与维护的方案。

4) 软件开发：系统的详细设计和具体开发。

5) 硬件组装：购买和安装GIS所需的硬件。

6) 数据采集与处理：GIS数据采集与建库、地理底图制作或基础地理数据库建设。

- 7) 系统集成：将系统硬件、软件、数据融为一体。
- 8) 系统运行与维护：系统的正常运行和系统信息的更新。

具体地说，在工程立项与招投标后，应根据用户调查、需求分析和可行性分析，结合地理数据采集与更新情况，进行系统的总体设计和详细设计；根据设计要求建立集成化软硬件环境，进行数据库模式设计，开发系统功能模块，将各种数据在经过入库检查和数据处理后加载到数据库中，并进行数据集成和功能集成；对不同类型的用户，分别进行系统细致的培训；经系统测试、数据库验收后，开始系统的运行、服务和维护、更新。

(2) GIS软件开发工作流程

GIS工程最主要的建设内容是GIS应用系统开发和空间数据库建设，其主体属于软件工程的范畴，可以通俗地理解为计算机软件系统开发和数据库工程建设，其设计和开发过程与传统的工程设计和开发过程有诸多相似之处，同时又有软件开发和设计的特点，最主要的是必须遵循软件工程的方法和原理，主要包括需求分析、系统设计、功能实现、系统使用和维护等过程，它们对应于软件开发活动的不同阶段，在开发过程中每个阶段必须遵照相应的规范进行，以保障整个系统的成功开发和运行。

GIS工程的核心是GIS软件系统的设计与建设，其工作流程如图1-2所示。

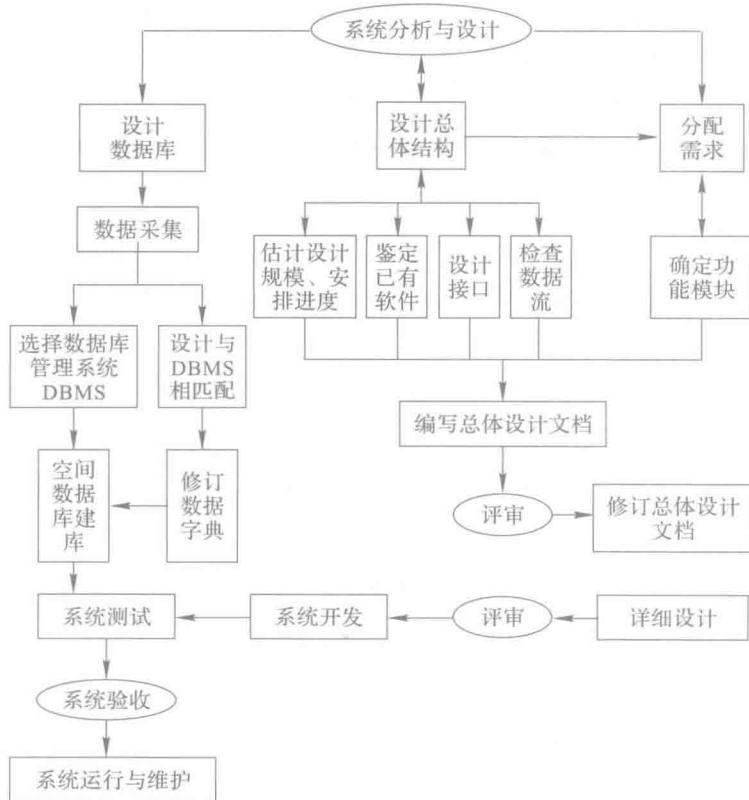


图1-2 GIS工程设计与建设的流程

4. 地理信息系统的特性

GIS工程作为一个特殊的工程，它既有软件工程的共性，同时具有自身的特殊性：①地理信息系统工程面向具体应用，解决具体问题，因此具有较好的实用性；②地理信息系统工程具有行业应用特点，同一数据在不同行业应用中，对数据的组织不尽相同；③地理信息系统工程数据结构和算法复杂。空间数据海量、多类型、多尺度等复杂性，导致地理信息系统工程数据结构复杂，算法难度较大。

GIS工程具有一定的广泛性。它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工程的建设模式。

GIS工程又具有相对的针对性。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、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。

GIS工程具有下述特点。

1) GIS处理的空间数据，具有数据量大、实体种类繁多、实体间的关联复杂等特点。从内涵上讲，GIS包含有图形数据、属性数据、拓扑数据；从形式上讲，包含有文本数据、图形数据、统计数据、表格数据，且数据结构复杂。所有数据皆以空间位置数据为主要核心，在图形数据库和属性数据库间相互联系，且以空间分析为主。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，采用相关的地理数据模型进行科学的表达。

2) 以应用为主，类型多样。GIS以应用为主要目标，针对不同领域，具有不同的GIS，如土地信息系统、资源与环境信息系统、辅助规划系统、城市管理系统。不同的GIS具有不同的复杂性、功能和要求。

3) GIS工程设计不仅要考虑GIS的功能设计（空间数据管理、可视化和空间分析等功能），还需要考虑与GIS相关的业务办公自动化的功能，即如何将GIS嵌入OA的问题。例如，在设计地籍信息系统时，不仅要考虑对地籍信息管理的功能，也要考虑与地籍信息密切相关的土地登记业务自动化办公的需要。

4) 横跨多学科的边缘体系。GIS是由计算机科学、测绘科学、地理科学、人工智能、专家系统、信息学等组成的边缘学科。

上述特点决定了GIS工程是一项十分复杂的系统工程，投资大、周期长、风险大、涉及部门繁多。它既具有一般工程所具有的共性，同时又具有自己的特殊性。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同合作，涉及到项目立项、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、开发进度控制等多方面的组织和管理。如何形成一套科学高效的方法,发展一套可行的开发工具,进行GIS的开发和建设,是获得理想GIS产品的关键和保证。

5. 地理信息系统工程的影响因素

GIS工程涵盖范围很广,它贯穿工程设计、优化、建设、评价、维护更新等全过程,并综合考虑人的因素、物的因素,做到“物尽其用,人尽其能”,以最小的代价取得最佳的收益。

GIS的核心是软件,在很大程度上是计算机软件系统,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。

越来越多的机构都在开发GIS,但是根据调查,有大量的GIS系统不能真正地完成并正常运行。对于地理信息工程建设来说,下述6个要素具有重要的影响意义。

1) 具有远见。对于地理信息系统的开发者,如果他没有关于地理信息工程开发的目标、目的和任务,而只是根据地理信息系统的名字去购买地理信息系统的硬件和软件来组织构造自己的地理信息系统,那么,地理信息系统在他手里只是一种玩具。

2) 具有长期规划。地理信息系统是一种长期的工程项目,一般来说,地理信息系统的运行周期至少有10年的时间,因此,应当具有一个保证地理信息系统的数据库更新、模型改进以及软件版本升级的长期预算。

3) 具有决策者的有效支持。应当避免对于地理信息系统开发工程负责人的随意任免,以保证地理信息系统工程的顺利进行。

4) 具有系统分析方法。运用系统分析方法,从地理信息系统的整体与全局观念出发,将系统分解和系统综合有机地结合起来,并利用定性和定量相结合的方法,为地理信息系统工程开发提供正确模式。

5) 具有专业知识。对于地理信息系统的硬件和软件的正确使用,应当具备有关地理信息系统的专业知识,应当进行咨询,并邀请有关专家对地理信息系统的开发工程计划进行评估。

6) 广泛吸取用户的意见。用户对使用地理信息系统的建议和意见,对于地理信息系统的开发和建设具有重要意义。为争取更多的用户,应积极组织有关地理信息系统应用的培训工作,并提供良好的用户使用手册。

6. 地理信息系统工程的发展

近年来, GIS理论和技术日益成熟完善,在社会、经济、生活中应用的深度和广度不断加强:从最初简单绘制静态电子地图到进行动态监测和分析;从单纯的地理数据管理到规划辅助决策;从GIS信息孤岛到网络化GIS及可互操作GIS;从政府GIS、企业GIS到社会GIS等,目前已被广泛应用于资源调查、环境评估、灾害预测、国土管理、城市规划、邮电通信、交通运输、军事公安、水利电力、公共设施管理、农林牧业、统计、商业金融

等几乎所有领域。也就是说，几乎所有领域里都有GIS工程的建设领域。

随着GIS朝着社会化和产业化方向的发展，社会生产各部门、科研单位等GIS用户都迫切希望能尽快将先进的理论成果、管理模式转化为生产力，真正利用GIS实现高效的信息管理和决策辅助。而GIS工程正是连接上述理论与实践之间的桥梁，是GIS应用的具体实现。

GIS的建设和运行是一个相对复杂的系统工程，既涉及到需求分析、系统设计、软件研制、数据建库、系统集成等诸多技术环节，也牵涉到用户自身业务重组、研制方和用户方之间的协作、系统运行的制度保障等非技术因素。另外，GIS工程是一个综合工程，需要GIS专业、测绘专业、地理专业、计算机专业和用户专业等几方面的知识，需要以上各方面的技术人才协同作战，才能较为顺利地实施。为此需要运用软件工程学的思想和方法，并结合地理信息自身的特点和相关理论，制定出详尽的设计、计划、实施以及项目管理方案，从而保证工程的质量，提高工程效率，降低工程成本。

近10年来，中国的GIS技术应用出现了快速增长，但是一个不容忽视的现象是仍有一些GIS项目实施过程并不顺利，表现在系统难以达到预定的目标；有些项目即使完成了开发、测试和安装，用户方面仍然难以投入使用。可以说，国内不少GIS项目在组织管理、投资决策、需求分析、系统定位、策略规划等方面或多或少都存在隐患，项目的实施、应用和管理面临诸多挑战。陈述彭曾系统地总结了造成GIS失败的六大要素：缺乏远见、缺乏长期规划、缺乏系统分析、缺少用户介入、缺少专业知识、缺乏决策者的有效支持。还存在一些常见的项目管理问题，如系统可行性研究和系统评估的形式化、全面而通用的系统规划、过高的设计目标、过于追求系统的标准化和先进性、夸大GIS的作用和效益等。另外GIS没有很好地与OA结合，从而不能为用户的日常事务管理提供服务，也是GIS技术应用失败的重要原因之一。如图1-3所示。

总之，GIS工程管理知识对于GIS应用不仅是必要的，而且是必需的。

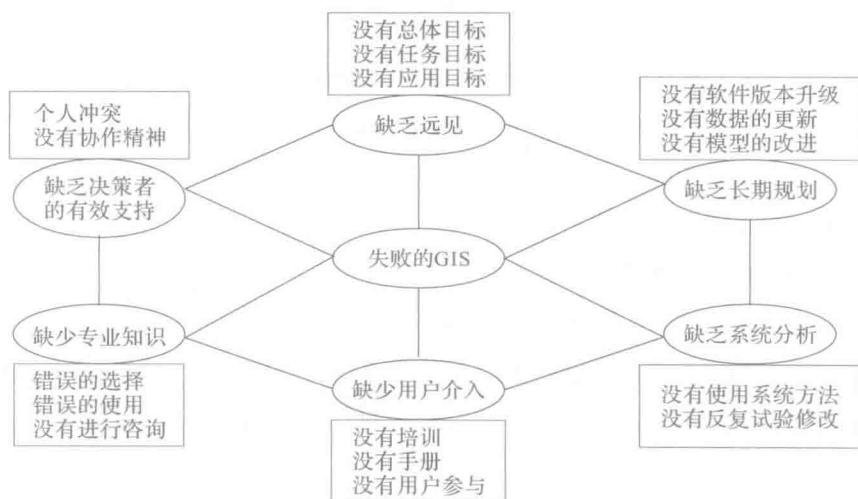


图1-3 地理信息系统开发失败的要素构成图