ANALYSIS AND DESIGN OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

GIS

分析与设计

钱乐祥 编著



中国环境科学出版社

责任编辑　张于嫣

ISBN 7-80163-247-8

9 787801 632470 >

ISBN 7-80163-247-8/Z · 019

定价：30.00 元

ANALYSIS AND DESIGN OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM



河南省杰出青年科学基金项目（9920）
河南省自然科学基金项目（004070700）
河南大学博士点建设基金
河南大学教育教材出版资助项目
共同资助

GIS 分析与设计

ANALYSIS AND DESIGN OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

钱乐祥　编著

A0973176

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

GIS 分析与设计 / 钱乐祥编著. –北京：中国环境科学出版社，2002.1

ISBN 7–80163–247–8

Ⅰ. G… Ⅱ. 钱… Ⅲ. 地理信息系统 Ⅳ. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2001）第 093935 号

出　版	中国环境科学出版社出版发行 (100036　北京海淀区普惠南里 14 号) 网　　址：http://www.cesp.com.cn 电子信箱：cesp @public.east.cn.net
印　刷	北京联华印刷厂
经　销	各地新华书店经售
版　次	2002 年 2 月第 1 版　2002 年 2 月第 1 次印刷
开　本	787×1092　1/16
印　张	12.5
字　数	302 千字
定　价	30.00 元

目　录

绪论 1
1　GIS 概念与特征 1
2　GIS 组成与工作原理 2
3　GIS 分析与设计的初步概念 4
4　GIS 开发工具 12
5　系统集成 13
6　GIS 开发方式选择 14

第一章　GIS 环境分析 16
1.1　GIS 主机 16
1.2　网络 21
1.3　GIS 外部设备 34
1.4　操作系统 34
1.5　GIS 专业软件 39

第二章　GIS 的数据分析 45
2.1　空间数据的基本特征 45
2.2　数据的测量尺度 47
2.3　数据来源 48
2.4　地图投影 49
2.5　全球定位系统 51
2.6　航空像片 54
2.7　遥感数据 58
2.8　地图 65
2.9　数据质量 72

第三章　GIS 数据库设计 89
3.1　GIS 数据库及其设计 89
3.2　用户需求分析 91
3.3　概念化设计 98
3.4　详细设计 107
3.5　实施规划 116

3.6 试点项目 121
3.7 数据库实施 122

第四章 GIS 管理设计 123
4.1 GIS 管理范畴 123
4.2 项目规划 128
4.3 项目进度安排 132
4.4 项目财政预算计划 139
4.5 人事管理 143
4.6 质量与合同责任的管理 148
4.7 项目财务管理 151
4.8 项目执行的监督与管理 152
4.9 项目收尾工作及其管理 157

第五章 GIS 分析与设计新动态 158
5.1 组件技术与 GIS 的发展 158
5.2 互联网时代的 GIS 166
5.3 Internet GIS 的部件化结构 167
5.4 万维网 GIS 实现的相关技术问题 170
5.5 WebGIS—基于 Internet 的 GIS 173
5.6 WebGIS 技术剖析 175
5.7 Intranet GIS 概述 176

附录 GIS 分析与设计报告与文档 182

绪论

GIS 以其混合数据结构和独特的地理空间分析功能独树一帜，可通俗地认识 GIS：

GIS＝CAD＋DATABASE－SPATIAL OPERATION

1 GIS 概念与特征

GIS 是以地理空间数据库为基础，在计算机软硬件的支持下，对空间相关数据进行采集、管理、操作、分析、模拟和显示，并采用地理模型分析方法，适时提供多种空间和动态的地理信息，为地理研究和地理决策服务而建立起来的计算机技术系统。

GIS 具有如下特征：

（1）具有采集、管理、分析和输出多种地理空间信息的能力；

（2）以地理研究和地理决策为目的，以地理模型方法为手段，具有空间分析、多要素综合分析和动态预测的能力，并能产生高层次的地理信息；

（3）由计算机系统支持进行空间地理数据管理，并由计算机程序模拟常规的或专门的地理分析方法，作用于空间数据，产生有用信息，完成人类难以完成的任务；计算机系统的支持是 GIS 的重要的特征，使 GIS 能快速、精确、综合地对复杂的地理系统进行空间定位和动态分析。

GIS 分类（按内容）：

（1）专题 GIS：是具有有限目标和专业特点的 GIS。为特定的专门的目的服务，如：水资源管理信息系统、矿产资源信息系统、农作物估产信息系统、草场资源管理信息系统、水土流失信息系统、环境管理信息系统等。

（2）区域 GIS：主要以区域综合研究和全面信息服务为目标。可以由不同的规模，如国家级的、地区级或省级的、市级或县级等为各不同级别行政区服务的区域信息系统，也可以按自然分区或流域为单位的区域信息系统，如加拿大国家信息系统、伊洛河流域信息系统等。

（3）GIS 工具：它是一组具有图形图像数字化、存储管理、查询检索、分析运算和多种输出等 GIS 基本功能的软件包。它们或者是专门研究的，或者在完成实用 GIS 后抽去具体的区域或专题的地理空间数据后得到的。目前 GIS 工具很多，如 ARC/INFO、MGE、MAPINFO、MAPGIS。

GIS 的研究内容：

（1）GIS 的基本理论研究：包括研究 GIS 的概念、定义和内涵；GIS 的信息论研究；建立 GIS 的理论体系；研究 GIS 的构成、功能、特点和任务；总结 GIS 的发展历史，探讨 GIS 发展方向等理论问题。

（2）GIS 技术系统设计：包括 GIS 硬件设计与配置；地理空间数据结构及表示；输入与输出系统；空间数据库管理系统；用户界面与用户工具设计；GIS 工具软件研制；微机 GIS 的开发；网络 GIS 的开发等。

（3）GIS 应用方法论研究：包括应用系统设计和实现方法；数据采集与校验；空间分析函数与专题分析模型；GIS 与遥感技术结合方法；地学专家系统研究等。

相互关系：GIS 应用使 GIS 技术系统不断完善，并逐渐发展了 GIS 理论；理论研究又指导开发新一代高效 GIS，并不断拓宽其应用领域，加深应用的深度；GIS 的应用，又对理论研究和技术方法提出更高要求。因此，三方面的研究内容是相互联系和相互促进的。

GIS 发展趋势：

（1）空间数据结构与数据管理；

（2）数据自动输入技术；

（3）GIS 与遥感的进一步结合；

（4）GIS 的智能化；

（5）GIS 应用模型开发；

（6）具有统一标准的分布式系统；

（7）宏观应用和微观应用进一步加强；

（8）加强 GIS 教育。

2 GIS 组成与工作原理

2.1 GIS 的组成

（1）计算机硬件平台。GIS 可充分利用包括从主机服务器到桌面工作站乃至网络计算的一切计算资源。

（2）GIS 专业软件。GIS 软件提供储存、分析、显示地理数据的功能，要素包括：地理数据输入、处理工具；空间数据库管理工具；空间查询、分析、可视化表达；图形用户界面。

（3）地理数据。GIS 系统必须建立在准确使用地理数据基础上，数据来源包括室内数字化和外业采集，以及从其他数据的转换。数据类型分为空间数据、属性数据，并与关系数据库相互连接。

（4）GIS 人员。GIS 应用的关键是掌握实施 GIS 来解决现实问题的人员的素质。这里既包括从事 GIS 系统开发的专业人员，也包括采用 GIS 完成日常工作的最终用户。

（5）GIS 模型。GIS 专业模型和经验，是 GIS 应用系统成败的至关重要的因素。

2.2 GIS 的工作原理

（1）空间模型。GIS 将现实世界抽象为相互连结不同特征的层面（LAYER）组合，这一简单实用的概念提供了解决各种纷繁复杂难题（诸如车辆追踪、大气循环模式）的捷径。

模型的作用和特点 应用模型是联系 GIS 应用系统与常规专业研究的纽带；应用模

型是综合利用 GIS 应用系统中大量数据的工具；应用模型是 GIS 应用系统解决各种实际问题的武器；应用模型是GIS 应用系统向更高技术水平发展的基础。

模型的分类 非空间模型：主要是对系统中的各种属性数据进行运算。常用的方法包括投入产出模型、计量经济学、经济控制论及系统动力学等。这类模型多用于解决社会经济领域中的一些问题，如评价、预测与规划等。空间模型：需要同时对系统中的图形和属性两种数据进行运算。常用的方法包括图形运算、空间检索、统计识别、网络分析以及空间扩散计算等。它们的应用范围兼顾社会和自然两大科学领域。

（2）地理参考系。空间数据包括绝对位置信息，如经纬度坐标，以及相对位置信息，包括地址、编码、统计调查值等。GIS 的地理坐标系可有效帮助用户在地球表面任意空间定位。

（3）矢量和栅格数据结构。GIS 数据包括矢量和栅格两种基本模式。矢量数据以点、线、面方式编码并以（X，Y）坐标串储存管理，是表现离散空间特征的最佳方式；栅格数据（扫描图像或照片）是通过一系列网格单元表达连续地理特征；GIS 软件中矢量、栅格数据结合使用，取长补短。

两种数据结构的比较：

矢量数据 优点：表示地理数据的精度较高；严密的数据结构；用网络连接法能完整地描述拓扑关系；图形输出精确美观；图形数据和属性数据的恢复、更新、综合都能实现。缺点：数据结构复杂；矢量多边形地图或多边形网很难用叠置法与栅格图进行组合；显示和绘图费用高,特别是高质量绘图,彩色绘图和晕线图等；数学模拟比较困难；技术复杂,多边形内的空间分析不容易实现。

栅格数据 优点：数据结构简单；空间数据的叠置和组合十分容易方便；各类空间分析都易于进行；数学模拟方便；技术开发费用低。缺点：图形数据量大；用大象元减少数据量时,可识别的现象结构将损失大量信息；地图输出不精美；难以建立网络连接关系；投影变换花的时间多。

2.3 GIS 的功能

（1）数据输入、预处理。空间数据只有加工为适合的形式才能被 GIS 系统利用，将空间数据输入计算机的过程称为数字化。最新扫描跟踪技术使大规模自动数字化成为可能，中小型作业仍可使用传统手工数字化仪；同时 GIS 软件提供强大的数据转换功能，可从 CAD、文本、关系数据库等几乎所有形式转入数据；与 GPS 和 RS 日趋一体化使 GIS 数据更新不再是应用的“瓶颈”。通过各种方式获取的不同类型空间数据必须经过标准化处理，包括不同比例尺、坐标投影的转换匹配等。

（2）数据管理。采用文件结构构造 GIS 数据对于小型应用或许足够，但当数据规模和使用者人数急剧增长时，必须通过大型数据库系统进行有效严格的组织管理。在关系型数据库中，不同表格间通过相关项相互连接，提供 GIS 高度的可扩展性和灵活的配置能力。

（3）空间查询与分析。GIS 提供从最简单的点击式查询（IDENTIFY）到辩证思维的空间分析方法，GIS 最引人入胜的作用是通过各种假设分析来模拟区域内空间规律和发展趋势。在提供的空间分析工具中，以下两点最为重要：

• 邻近度分析（PROXIMITY），例如：总水管附近 100m 内有多少房屋？商业中心 10km 内的顾客如何分布？灌井周围 500m 内的作物比例？

GIS 软件提供缓冲区分析（BUFFER）工具对地物要素间相互关系进行计算度量。

• 叠加分析（OVERLAY）：不同地理层面间的物理叠加是 GIS 的看家本领，通过空间上的“相交、合并、切割”等运算，可获取和派生空间决策最重要的依据。

(4)可视化表达输出。GIS 的操作结果通过可视化的地图、影像、多媒体的方式加以直观表达，这是 GIS 无与伦比的另一优势。

2.4 GIS 相关技术

（1）桌面地图系统。桌面地图系统以地图制作为中心内容，采用简易文件方式进行数据管理，是一种廉价初级、灵活易用的终端 GIS 应用系统。

（2）CAD。CAD 系统广泛用于机械、建筑工程设计，具有强大的图形创造能力，但缺乏相关属性、数据库管理和分析功能。

（3）RS&GPS。RS 和 GPS 是 GIS 数据获取更新的有力方式，通过卫星、航测、GPS 定位仪等可提供实时准确的空间信息。

（4）DBMS。关系型数据库从简单的二维表格正扩展支持多维数据，无论 GIS 的关系化还是 RDBMS 的多维化，都说明二者正在融合的进程。

3 GIS 分析与设计的初步概念

GIS 是为实现应用目标而有机结合的人员、数据、模型、工作流程以及计算机软硬件设备的整体。系统目标确定是整个工程建设的前提，应根据现实需求，对系统建立的必要性和可能性，从社会因素、技术因素和经济因素等方面进行充分评估论证，综合分析用户实力、系统环境、经费预算以及时间效益，在此基础上将各种信息资源按照合理的框架组织设计，实施落实，形成有生命力的应用系统实体。

3.1 系统结构化（生命周期法）与原型法分析思想

结构化系统分析，就是将系统工程概念应用于 GIS 设计，自上而下，划分模块，逐步求精的系统分析设计方法。系统分析思想包括如下要点：

在研制 GIS 的各个阶段都要贯穿系统工程的观点。首先从总体出发，考虑全局问题，在保证总体方案正确的前提下，按照层次分解方式完成系统的研制，这是结构化思想的核心。

GIS 的开发是一个连续有序、循环往复不断提高的过程。系统开发的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，掌握必要的数据，就不可能进行系统分析。没有设计出合理的逻辑模型，就不可能有良好的物理设计，这是系统设计的基本原则。

用结构化的方法构筑 GIS 的逻辑模型和物理模型。在系统的逻辑设计中，分析信息运动，绘制数据流程；根据数据规范，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 GIS 设计工具。

用结构化方法构筑的 GIS，组成清晰，层次分明，便于分工协作，容易调试和修改，是系统研制较为理想的工具。结构化分析和设计思想还包括：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。

原型法（Prototyping）是一种实用的开发方法，适合采用 C / S 模式的中、小型信息系统的开发。原型法的基本思想是假定系统的使用者是缺乏计算机技术知识背景的，因此开发者和使用者在讨论系统的构成等问题时存在着许多障碍。在这种情况下，开发者和用户的合作无疑是非常困难的。因此，一个解决方法就是开发者基于和用户的交谈，得到对于系统的基本认识后，就构筑一个能够反映系统特色的原型系统。在此系统的基础上，和用户进行进一步的讨论，得出他们对于系统的真正的需求，直到开发者确信已经完全掌握了用户的需求时，才进行正式的开发。

3.2 GIS 的软件工程标准

GIS 的设计是一项复杂的工程，由于系统的复杂性，数据库建立和软件研制时间长、成本高、错误多，容易产生所谓“软件危机”，例如软件不能移植，难以修改升级等。软件工程即采用工程性规范管理方法来研制软件，进行 GIS 的设计开发，以保证系统的功能标准和质量指标。为实现与后继系统、其他系统的兼容与信息共享，GIS 的设计实施必须考虑工程技术标准，对规范化、标准化原则予以高度重视。

数据规范化和标准化。数据信息的规范化和标准化是数据流调查分析的依据和建立 GIS 逻辑模型的基础，根据系统的信息需求确定数据源，按照数据不同来源，研究其数量、质量、精度和时间特征以及与数据规范化和标准化基本要求相吻合的程度，确定数据处理的内容、范围和方法。数据规范化和标准化研究的内容包括：空间定位框架，数据分类标准，数据编码系统，数据字典，文件命名规范，汉字符号标准，数据记录格式等。

文档标准。文档标准包括可行性分析报告，总体设计方案，数据规范化、标准化技术方案，用户需求分析报告，系统详细设计说明，用户使用手册，数据库作业规程技术规定、验收标准，系统安装手册，程序开发日志等。

软件标准。包括用户界面，数据结构，数据模型，数据库建立管理，数据显示和产品生成，系统接口设计、程序设计规范等内容。程序编制要做到标准化和通用化，对所编制的程序要按照统一的格式编写程序说明，其内容为：程序名称，程序功能，程序设计的算法，程序使用的方法，需要的存储空间、设备和操作系统，程序设计语言，程序使用的数据文件，源程序的语句数，程序设计人和单位，其他有关说明等。

系统运行标准。包括系统效率，系统利用率，操作的方便性、灵活性，安全保密性，数据的准确性，可靠性，扩充性，可维护性。

GIS 分析与设计的主要工作步骤如图 1 所示。

3.3 结构化分析与设计过程

（1）系统分析

系统分析是采用系统工程思想方法，对项目的实际情况进行分析综合，制定各种可行方案，为系统设计提供依据。其任务包括对用户进行需求调查，在明确系统目标基础上，开展用户机构设置、业务关系、数据流程等方面的深入研究和分析，提出系统的结构方案

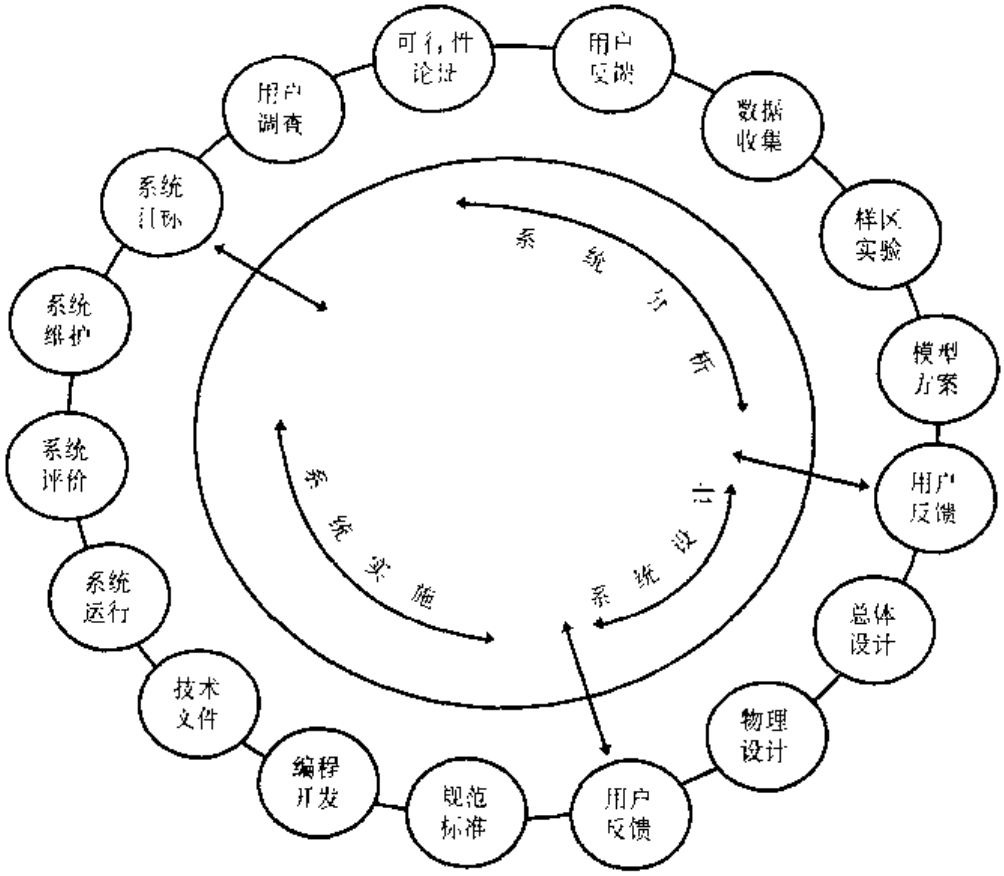


图 1　GIS 分析与设计的主要工作步骤

和逻辑模型。系统分析是使系统设计达到合理、优化的重要步骤，该阶段的工作深入与否，直接影响到将来新系统的设计质量和实用。

需求分析。需求分析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、用户对应用界面和程序接口的要求，以及系统应具备的功能等，是系统开发的准备阶段。

系统结构方案。在调查分析基础上，明确系统目标和各阶段任务，确定系统数据关系图和系统软硬件配置，根据数据流程、信息特征、数据处理方法，提出系统结构方案和逻辑模型，包括输入、处理和输出三个主要组成部分，以作为系统研制的基础和依据。

（2）系统设计

系统设计的任务是将系统分析阶段提出的逻辑模型转化为相应的物理模型，设计内容随系统目标、数据性质和系统功能的不同而存在很大差异。首先应根据系统研制的目标，确定系统功能；其次是数据分类和编码，完成空间数据的存储和管理；最后是系统的建模和产品的输出（图 2）。

系统设计是 GIS 整个研制工作的核心，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最优化。一个优化的 GIS 必须具有运行效率高、控制性能好和可变性强等特点。要提高系统的运行效率，应尽量避免中间文件的建立，减少文件扫描的次数，尽量采用优化的数据处理算法。为增强系统的控制能力，输入数据时要拟定对数字和字符出错时的校验方法；在使用数据文件时，要设立口令，防止数据泄密和被非法修改，保证

只能通过特定的通道存取数据。为了提高系统的可变性，最有效的方法是采用模块化的结构设计方法，首先将系统作为统一整体，然后按功能逐步分解为若干个模块，这样设计出来的系统才能做到可变性好和具有生命力。

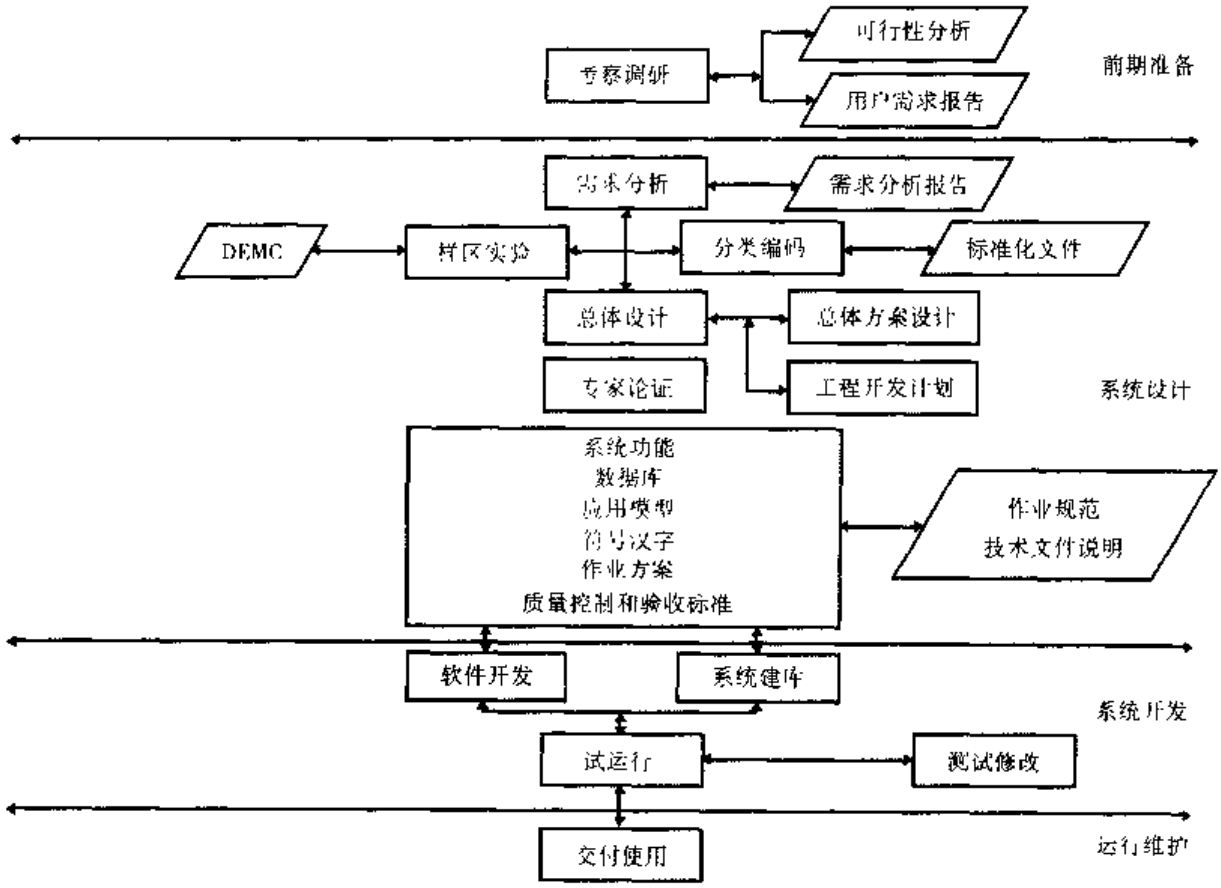


图 2　GIS 的工作流程

功能设计。功能设计又称为系统的总体设计，它的主要任务是根据系统研制的目标来规划系统的规模和确定系统的各个组成部分，说明它们在整个系统中的作用与相互关系，以及确定系统的软硬件配置，规定系统采用的合适技术规范，以保证系统总体目标的实现。

数据库设计。数据库是 GIS 的核心，其设计内容包括：数据录入设计，将各种来源的空间、属性数据以一定的格式输入，保证输入数据的拓扑一致性、图形数据文件和属性数据文件的建立以及错误冗余数据的消除等；数据存储设计是指数据存储介质的选择、数据逻辑关系和数据存储结构的设计；数据检索设计的目的是如何采用迅速高效检索方案在数据库中查找所需要的数据。

应用设计。GIS 的运行必须由软件系统加以保证，包括：系统软件，计算机技术服务程序和操作系统，支持应用软件共享信息资源的数据库及管理系统；专业应用软件，解决各种具体问题的程序或软件工具。系统的应用设计是发挥系统功能的体现，也是促进系统功能不断完善的主要动力。GIS 的应用设计主要是应用模型的设计、模型分析结果的输出设计、网络应用设计、安全性设计以及为方便用户操作而进行的界面设计。

（3）系统开发实施

系统开发实施是 GIS 付诸现实的实践阶段，将实现系统设计的物理模型，把系统方案加以具体落实。系统实施主要工作是分模块编制程序、程序的调试和试运行，建立交付用户使用的实体系统。这一过程中需投入大量人力、物力，占有较长开发周期，必须根据系统设计说明书的详细要求组织工作，安排任务，培训人员。同时在 GIS 开发与实施阶段将产生一系列的系统文档资料，一般包括用户手册、使用手册、系统测试说明书、程序设计说明书、测试报告等。

程序编制与调试。为将系统设计产生的系统结构与模块功能通过程序语言予以实现，程序编制与调试应在标准开发环境下进行，按照面向对象的设计方法，遵循工业标准，按照问题分析、编写详细的程序流程图、确定程序规范措施、程序编制、测试程序功能、检验程序正确性的过程加以实现。程序编制可采用结构化程序设计方法，使每一程序都具有较强的可读性和可修改性，具有详细的程序说明书，包括程序流程图、源程序、调试记录以及要求的数据输入格式和产生的输出形式。为了保证程序编制与调试及后续工作的顺利进行，软硬件人员首先应进行 GIS 系统设备的安装和调试工作，安装适合的系统开发平台，包括通用平台（Visual C++、SUN Workshop），专用平台（ARC/INFOAML、Avenue）以及 4GL、CASE 工具（Delphi、Power builder）等。

数据采集与数据库建立。GIS 建设过程中需要大量投入进行数据的收集、加工整理和录入工作。由于系统规模大，数据类型复杂多样，数据的收集和准备是一项繁琐复杂、劳动量巨大的任务（图 3），一般在数据库模式确定后就应进行数据输入，对数据的输入应按数字化作业方案的要求严格进行，输入人员应接受相应程度的培训。

人员培训。GIS 建设需要大量人员相互协作，包括系统开发人员、用户和系统管理人员，为了保证 GIS 的调试使用和使用户尽快熟悉掌握，应提前对有关开发人员、用户、操作人员进行培训，掌握 GIS 的特点和使用方法。

系统测试应用。系统调试与测试是指对新建 GIS 进行全面的测试和检验，确定是否符合系统需求分析所规定的功能要求，发现其中错误，保证 GIS 运行可靠性。由系统分析员提供测试标准，制定测试计划，确定测试方法，然后和用户、系统设计人员、程序员共同对系统进行有关测试。测试数据可以是模拟的，也可来自用户的实际业务，经过系统的处理输出，确定是否符合预期的结果，能否满足用户的实际要求，对不足之处加以改进，直到满足用户要求为止。

（4）系统维护更新

GIS 必须随形势保持同步变化，不断生存发展，满足现实需求。任何 GIS 都具有一定的生命周期，应选择正确的时机，利用合理的手段，对系统的软硬件、数据模型等各个组成部分以及系统维护人员的知识结构进行动态更新，保持系统生命力。

系统测试完毕，即可进入正式运行阶段，提供用户使用。在这一阶段，系统工作人员要对投入运行后的 GIS 进行必要的调整和修改。系统维护是指在 GIS 整个运行过程中，为适应环境和其他因素的各种变化，保证系统正常工作而采取的一切活动，包括系统功能的改进和解决在系统运行期间发生的一切问题和错误。系统维护是工程建设中非常重要的内容，也是一项耗时、高成本的工作，要在技术人力安排和投资上给予足够的重视。系统维护内容主要包括如下 4 个方面：

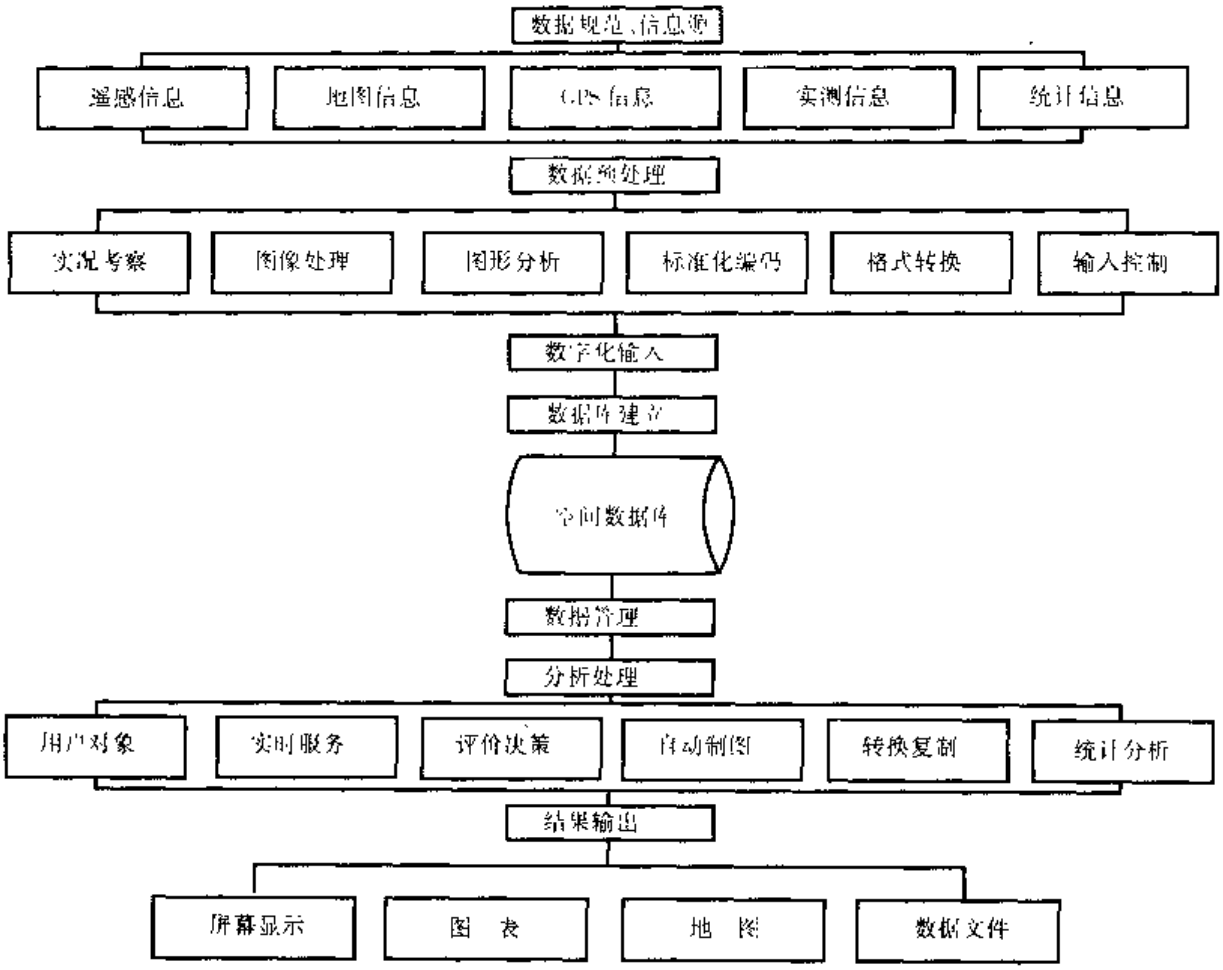


图 3 GIS 的空间数据流程

系统纠错。纠错性维护在系统运行中发生异常或故障时进行，是对在开发期间未能发现的遗留错误的纠正。任何一个大型的 GIS 在交付使用后，都可能发现潜藏的错误。

系统软硬件更新。硬件产品的生命周期明显缩短，更新速度加快，必须在适当时候加以扩充更新以提高系统运行性能，应当在初始设计时留有充分余地，保护投资者利益。

软件（操作系统、应用程序）的升级换代日趋频繁，在更新时应保持版本的兼容性，在运行速度、处理手段、思想技术上取得突破，克服旧版本的缺陷。

系统数据模型运行更新。必须保持数据的高度现时性，系统运行才有意义。GIS 的数据性质、内容差别很大，更新周期有很大差别。数据局部更新随系统运行而动态发生，不断导致系统有序性下降，冗余度增加，因此必须在一定期限进行全面实时更新，包括地形图、各类专题图、统计数据、文本数据等空间数据和属性数据。由于空间数据在 GIS 中具有庞大的数据量，应积极利用遥感以及 GPS 等先进方法实现对 GIS 数据库的实时更新，例如：可借助航空影像实现对地图的自动更新。

系统模型代表用户观点，在现实中新的应用思路、应用模式不断涌现，采用新的应用模式、系统模型、组织方法和编程手段实现用户规划管理方式的革新，保持系统的实用性和先进性，提高系统的运行速度和工作效率。

（5）系统评价

系统评价是指从技术和经济两个方面对所建立的 GIS 进行考察鉴定。基本做法是将运行系统与预期目标进行比较，确定是否达到了系统设计的预定效果，对 GIS 的性能进行估计、检查、测试、分析和评审，包括用实际指标与计划指标进行比较，评价系统目标实现的程度。系统评价的指标应包括经济指标、性能指标和管理指标各方面，就评价结果形成系统评价报告。

系统效率。GIS 的各种功能指标、技术指标和经济指标均是系统效率的反映，例如系统能否及时地向用户提供有用信息？所提供信息的地理精度和几何精度如何？系统操作是否方便？系统出错如何？以及资源的使用效率如何等？

系统可靠性。可靠性即系统运行稳定性、事故发生率及修复率，还包括系统有关的数据文件和程序是否妥善保存，以及系统是否具有后备体系等。

扩展性。系统开发是从简单到复杂的不断完善的过程，GIS 常从清查和汇集空间数据开始，然后逐步演化到从管理到决策的高级阶段。系统建成后，在不影响整个系统结构和运行的前提下，将会增加和改进系统功能，这就必须在系统设计时留有扩展接口。

移植性。可移植性是评价 GIS 的重要指标。有价值的 GIS 的软件和数据库，不仅在于它自身结构的合理，而且在于它对环境的适应能力，因此系统设计必须遵循国家标准和规定，包括数据表示、专业分类、编码标准、记录格式、控制基础等，以保证软件和数据的匹配、交换和共享。

系统的效益。系统的效益包括经济效益和社会效益。由于我国 GIS 尚处于发展阶段，直接产生经济效益不十分显著，可着重从社会效益上进行评价，例如信息共享效果，数据采集和处理的自动化水平，综合分析的能力，智能化发展，系统决策的定量化和科学化，系统应用的模型化，解决新课题的能力，以及劳动强度的减轻，工作时间的缩短，技术智能的提高等。

当 GIS 的建设走以市场为导向的产业化发展道路，经济发展导致信息活动激增和广泛交流，形成信息市场时，直接出售 GIS 产品和软件才能为 GIS 的发展提供契机，GIS 的经济效益才能真正体现，评价的目标也就自然地转向经济效益方面。目前，以开发 GIS 为目标的经济实体正在筹备和组建，GIS 的经济、科学和技术三统一的发展趋势是肯定无疑的。

3.4 原形法分析与设计过程

采用原型法进行 GIS 开发可以视为是一个四阶段的开发过程，如图 4 所示。

（1）确定用户的基本要求

在这一阶段，开发者的任务是设计出若干基本的、同时又是关键性的问题向用户询问，从而得到用户对于信息系统的基本要求。例如：

- 确定基本的信息单位，构筑起基本的系统模型。
- 明确系统的基本用户界面形式，确定所需的输入数据来自何处。
- 决定该系统的功能范围，哪些工作应由系统完成，哪些由工作人员负担。
- 估计用户的期望，估算出开发该原型系统的费用。

这一步的关键在于设计者能否抓住问题的本质，建立起简明的系统模型。

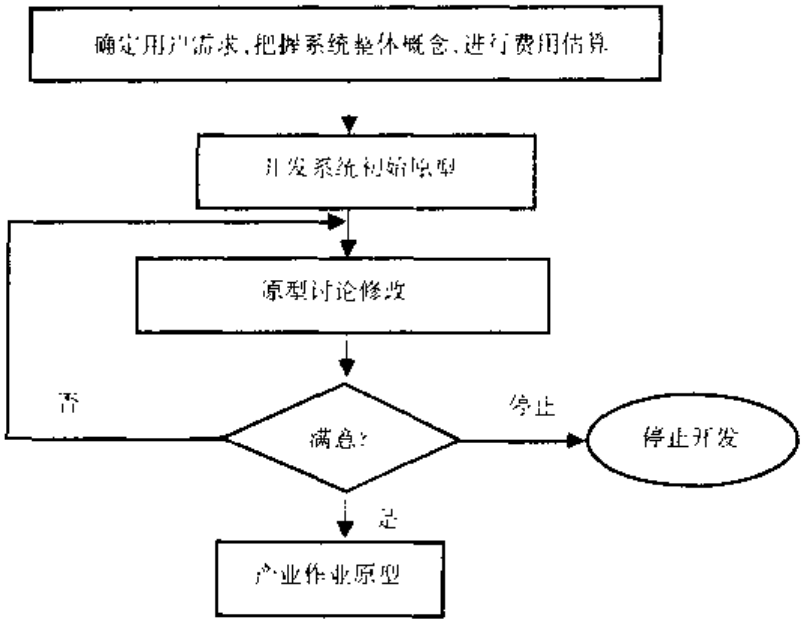


图 4　用原型法进行 GIS 开发的基本步骤

（2）开发初步的原型系统

在此阶段建立原型系统。一般原型系统只有数十个屏幕画面和少量试验数据。通常只是单机上的系统，从系统的工作效率上来看也是很不完善的，但其目的主要是为了描述开发者所理解的用户的基本需求，所以对系统的工作效率、界面完美程度并不做更多的追求。

（3）评价修改原型系统

请用户使用原型系统，让他们实际体验使用系统的感觉，并写下所有不满意之处。用户可以发现该系统和所设想的系统的差别，从而给开发者更多的启发。这一步的目的主要在于让用户发现原型系统所存在的问题。

在这一步要不断修改原型系统，直到下列两种情况之一出现为止：

①用户可能认定按原型开发的系统不是他们所希望的系统，或开发者认为用户提出的要求无法按目前条件实现，从而终止开发工作。

②除了规模和效率等可以改善的问题以外，用户对原型系统已经满意。

（4）正式开发

将用户满意的原型系统作为进一步开发的基础，设计恰当的系统集成设备等，正式开发。

研究结果认为：一般开发中，以上循环过程不多于 4～5 次。同时，使用原型法的成功关键有以下几点：

- 有合适的硬件设备和网络设施。
- 有功能很强的系统构筑工具。
- 有可以控制的数据。
- 系统开发者有足够丰富的计算机知识。
- 用户对于管理方面知识丰富，同时对系统开发感兴趣，能够投身到反复的讨论中来。

原型法的最大优点在于它可以有效地避免因开发者和用户的认识隔阂所产生的失败。开发者在正式开发之前就可得到用户的真正的需求，而用户能在较短的时间内看到系统的模样。用户还能够容易地和开发者合作，从而使得人力资源得到了有效的利用，在这种开发中，一般不需要大队人马，少数人就可以完成。因此，原型法的成本比较低。

4 GIS 开发工具

GIS 开发工具目前已成为在系统规划时就必须考虑的一个重要问题。传统的开发工具是廉价的，而近年来流行的开发工具价格较贵，但开发效率大大提高，开发人员也大为减少，而且开发工具往往与整个系统维护、系统运行过程紧密关联的。

在 GIS 系统开发中的关键问题之一是对开发工具的选择。早期的 GIS 软件主要使用高级语言编写的。例如用商用语言 COBOL（Common Business Oriented Language）或 C 语言等等。在用高级语言设计程序的时候需要详细规定每一个问题处理的过程，因此又称之为面向过程的语言（Procedure-oriented language）。

在 20 世纪 80 年代以后，开发 GIS 开始使用非面向过程的语言（Non-procedure-oriented language），又称第 4 代语言（Fourth Generation Language，4GL）。在用 4GL 开发 GIS 时，不需要规定十分详细的问题解决步骤，许多具体的程序编制步骤可以由机器自己生成。4GL 极大地提高了系统开发的效率，因此取代了以往高级语言的角色。

与此同时，图形用户界面、可视化开发方法、面向对象（Object Oriented，OO）等许多概念被应用到程序设计语言或开发工具中。目前在 C/S 结构的 GIS 开发中，使用具有 OO 特征的图形化用户界面开发工具，并与关系数据库结合起来是一种最常用的方法。

目前常用的 GIS 开发工具主要是基于客户/服务器模式、并采用图形化用户界面的可视化开发工具。

基于客户/服务器模式的开发工具是将客户方的开发工具和关系数据库结合起来的一种方案，它们绝大多数具有一些在开发大型应用软件时不可缺少的功能，如存储过程、触发器、联机备份、并行服务器、数据复制等，适合于开发企业级的信息系统。基于客户/服务器模式的开发工具通常包含两个基本部分：前端开发工具和后端服务器，另外，对于一些应用来说还可以加上第三个部分即中间件。下面分别看看它们的作用。

（1）前端开发工具或客户方软件提供用户界面，使得开发者可以容易地指定处理应用的表示逻辑部分，同时将用户对于数据的请求用标准的 SQL 语句表示，发送到服务器方，并对其处理结果进行加工和表示。

前端开发工具的具体例子有：Visual BASIC、Visual C++等通用可视化编程语言以及 Power Builder 等专用前端开发工具。可视化语言的显著特点是比较直观，入门快，有一定编程经验的用户通过短期学习就可以容易地掌握开发的基本技术。同时，可视化语言提供了基于 Windows 的图形界面和事件驱动的开发环境，具有一些面向对象的特性，很容易生成丰富多彩、漂亮的图形界面。可视化编程语言也提供关系数据库的操作和编程功能，适合快速原型系统、小型办公自动化系统的开发，但对一些高级功能如分布式系统、工作组开发、文档管理的支持能力不足。在开发大型、复杂任务的应用中显得能力不足。对开发工具的分类如表 1 所示。

表 1　开发工具

分类	典型产品	特征
可视化开发语言	Visual BASIC Visual C++ Delphi	低价格，学习容易 显示画面做成效率高 维护性较差
专用开发工具	Power Builder	面向对象、开发效率高 维护性好 高价格、限制条件多
表计算软件	Excel Lotus 1－2－3	低价格，学习容易 图形功能强 性能较低，维护性差
PC 数据库	Access FoxPro Paradox	低价格，学习容易 可以从单机开始扩张 维护性较差

（2）后端服务器或数据库：它专门处理来自客户机的 SQL 请求，并将处理结果返回给客户方。它还提供一些在客户／服务器数据库系统中对数据的高级操作功能，例如对并发控制的管理、安全审计及对数据库系统的后备、恢复、监控等功能，因此人们也称之为数据库核心或数据库引擎等。目前在微机服务器上使用的数据库如表 2 所示。

表 2　在微机服务器上使用的数据库

产品名称	操作系统	UNIX 版本	成本	与开发工具的可连接性
Oracle	NT，OS／2，Netware	有	较高	多
DB2	OS／2	有	高	少
Sybase	NT，Netware	有	较高	多
SQL Server	NT	无	较低	少

中间件是一种连接工具，它提供服务器之间开发工具和服务器之间的连接或通信功能，典型产品有微软公司的 ODBC 等。

5　系统集成

系统开发的系统集成是目前重要的一个方面。系统集成（System Integration）是近年来引起人们重视的一个新概念。过去的 GIS 多为使用某一家软件公司生产的产品或是使用某个专用的软件系统，但随着系统的复杂化、大型化、网络化，这种传统的系统模式已经不能满足需要。现在，越来越多的情况是：以适合用户的需要为原则，使用多个厂家的产品，进行系统集成。

系统集成公司的服务项目包括下列一些内容：

- 咨询服务：如企业信息系统设计，用户需求分析，对方案和运作的评估等。
- 对网络、计算机、外围设备等的选型和系统设计。
- 对已有应用软件的集成。

• 对专用应用软件的开发、定制

• 系统维护，信息服务，培训和教育

系统集成公司通常并不局限于精通一种技术，而应当具有比较广泛的知识，可以为构筑企业级 GIS 提出综合性的解决方案。系统集成公司应当精通网络通信技术、熟悉若干重要的开发工具，并对于计算机以及外围设备等具有充分的了解。

开放系统的普及也是系统集成受到重视的一个主要原因。过去，开发信息系统往往采用一个公司的产品，因此全部承包给某个计算机公司是很平常的做法。在这种非开放的系统中，系统是由一个开发厂家来进行分析、设计、制造的。但是随着信息技术的发展，更多的新产品问世，开放系统越来越受到重视。人们已经意识到，可以用若干厂家的技术，通过系统集成，最终构成用户满意的解决方案。这样，GIS 的发展方向开始从“开发”转向“集成”。信息系统开发也从用户直接和厂商进行的“双方”交易转变为由独立的“第三方”系统集成商来承担的工作。系统开发者不再是简单地使用某种工具来开发一个系统，而是使用综合的信息技术，分析用户的需求，从许多可用的备选方案中选出若干个合理的解决方案，最终高效率地集成起所需要的系统。

6 GIS 开发方式选择

地理信息系统根据其内容可分为两大基本类型：一是应用型地理信息系统，以某一专业、领域或工作为主要内容，包括专题地理信息系统和区域综合地理信息系统；二是工具型地理信息系统，也就是 GIS 工具软件包，如 ARC/INFO 等，具有空间数据输入、存储、处理、分析和输出等 GIS 基本功能。随着地理信息系统应用领域的扩展，应用型 GIS 的开发工作日显重要，如何针对不同的应用目标，高效地开发出既合乎需要又具有方便美观丰富的界面形式的地理信息系统，是 GIS 开发者非常关心的问题。

6.1 应用型 GIS 开发的三种实现方式

（1）独立开发。指不依赖于任何 GIS 工具软件，从空间数据的采集、编辑到数据的处理分析及结果输出，所有的算法都由开发者独立设计，然后选用某种程序设计语言，如 Visual C++、Delphi 等，在一定的操作系统平台上编程实现。这种方式的好处在于无须依赖任何商业 GIS 工具软件，减少了开发成本，但一方面对于大多数开发者来说，能力、时间、财力方面的限制使其开发出来的产品很难在功能上与商业化 GIS 工具软件相比，而且在购买 GIS 工具软件上省下的钱可能还抵不上开发者在开发过程中绞尽脑汁所花的代价。

（2）单纯二次开发。指完全借助于 GIS 工具软件提供的开发语言进行应用系统开发。GIS 工具软件大多提供了可供用户进行二次开发的宏语言，如 ESRI 的 ArcView 提供了 Avenue 语言，MapInfo 公司研制的 MapInfo Professional 提供了 MapBasic 语言等等。用户可以利用这些宏语言，以原 GIS 工具软件为开发平台，开发出自己的针对不同应用对象的应用程序。这种方式省时省心，但进行二次开发的宏语言，作为编程语言只能算是二流，功能极弱，用它们来开发应用程序仍然不尽如人意。

（3）集成二次开发。集成二次开发是指利用专业的 GIS 工具软件，如 ArcView、

MapInfo 等，实现 GIS 的基本功能，以通用软件开发工具尤其是可视化开发工具，如 Delphi、Visual C++、Visual Basic、Power Builder 等为开发平台，进行二者的集成开发。集成二次开发目前主要有两种方式：①OLE/DDE 采用 OLE Automation 技术或利用 DDE 技术，用软件开发工具开发前台可执行应用程序，以 OLE 自动化方式或 DDE 方式启动 GIS 工具软件在后台执行，利用回调技术动态获取其返回信息，实现应用程序中的地理信息处理功能；②GIS 控件利用 GIS 工具软件生产厂家提供的建立在 OCX 技术基础上的 GIS 功能控件，如 ESRI 的 MapObjects、MapInfo 公司的 MapX 等，在 Delphi 等编程工具编制的应用程序中，直接将 GIS 功能嵌入其中，实现地理信息系统的各种功能。

6.2 三种实现方式的分析与比较

由于独立开发难度太大，单纯二次开发受 GIS 工具提供的编程语言的限制差强人意，因此结合 GIS 工具软件与当今可视化开发语言的集成二次开发方式就成为 GIS 应用开发的主流。它的优点是既可以充分利用 GIS 工具软件对空间数据库的管理、分析功能，又可以利用其它可视化开发语言具有的高效、方便等编程优点，集二者之所长，不仅能大大提高应用系统的开发效率，而且使用可视化软件开发工具开发出来的应用程序具有更好的外观效果，更强大的数据库功能，而且可靠性好、易于移植、便于维护。尤其是使用 OCX 技术利用 GIS 功能组件进行集成开发，更能表现出这些优势。

由于上述优点，集成二次开发正成为应用 GIS 开发的主流方向。这种方法唯一的缺点是前期投入比较大，需要同时购买 GIS 工具软件和可视化编程软件，但“工欲善其事，必先利其器”，这种投资值得。目前许多软件公司都开发了很多 ActiveX 控件，合理选择和运用现成的控件，减少了开发者的编程工作量，使开发者避开某些应用的具体编程，直接调用控件，实现这些具体应用，不仅可以缩短程序开发周期，使编程过程更简洁，用户界面更友好，可以使程序更加灵活、简便。与利用 OLE Automation 技术作为服务器的 MapInfo 相比，利用控件开发速度快，占用资源少，而且易实现许多底层的编程和开发功能。

第一章　GIS 环境分析

对地理空间活动中种种信息的收集、变换、处理、分发、存储的方法论构成 GIS 研究的主要内容，同时与信息管理相关的技术性问题也是研究中不可忽视的一面。要构成一个 GIS，应采用何种计算机硬件？何种操作系统？何种辅助设备？如何将它们组织成符合需要的系统？这些都是在开发 GIS 之前就必须明确的技术问题。

通过前面对 GIS 的分析，对 GIS 的概念结构应该已经有了比较明确的认识。现在换一个角度，从 GIS 的物理成分来对 GIS 的计算机底层平台进行讨论。

GIS 环境主要由软件和硬件两大部分构成（表 1-1）。

表 1-1　GIS 环境构成

系统	类型		产品（示例）
硬件	UNIX 工作站用		SUN，HP，IBM，SGI，COMPAQ
	NT 工作站/服务器		COMPAQ，HP，IBM，DELL
	外部设备	数字化仪	CALCOMP DRAWGROARD
		扫描仪	INTERGRAPH ANATECH EAGLE
		绘图仪	HP DESIGN JET
	网络设备		CISCO，3COM，BAY
软件	GIS 专业软件		ARC / INFO
	数据库软件		ORACLE，SYBASE，INFORMIX
	管理软件		HP OPENVIEW，CA UNICENTER
	系统软件		UNIX，NT，NETWARE

1.1　GIS 主机

计算机可分类为微型机、小型机、大型机。目前我们常见的主要是由微机和基于微处理器的服务器组成，但大型机在 GIS 中也得到了广泛的应用。

1.1.1　机型

（1）微型计算机

微型计算机又称个人计算机。从业务角度，微机可分为商用机和多媒体机；从形状上主要有台式机和便携机两类，便携机又可分为膝上型、笔记本型和掌上型等。

台式机（Desktop）作为 GIS 中的基本元素，其主要作用是进行输入输出、分布式的数据处理、数据存储等。虽然台式机大量用来做个人信息处理，但在 GIS 中主要是以局域网形式出现。

多媒体（Multimedia）计算机多用在家庭、教育等领域，在GIS中也有应用。

便携式（Note book）计算机又称笔记本计算机。便携式计算机在GIS中的典型应用是作为客户机在外出时使用。典型的用法如作为数据采集和处理。公司工作人员外出可以携带计算机，采集到信息后直接通过公共通信设备传回总部。营销人员在外与客户接触时，可以及时地采集数据，也可以从总部得到必要的信息。笔记本计算机还可以作为演示机使用，推销员可以用多媒体计算机来演示他们的产品，列出他们的产品规格、系列和价格等信息。一些外国公司的经验说明：当他们的推销员使用多媒体计算机辅助推销后，销量上升，而且他们的说明减少了错误，增强了一致性。

服务器（Server）计算机在局域网中担任文件服务器的作用。从20世纪80年代以后，微机的性能在飞速地提高，以Intel型CPU为例，在80年代到90年代中期，发展了从8086到P6的几代产品，现在一台小小的微机上的性能已接近过去大型机的水平。与此同时，大量微机上的各层平台和应用软件、开发工具软件迅速发展。基于数据库系统和图形化用户界面的开发工具已广泛用在构筑GIS方面。比起大型机来，用微机构成的GIS系统投资低、收效快。同时，从能量消耗、体积和维护方便性等方面，微机显然比大型机要好得多。

（2）工作站

工作站型计算机一般采用UNIX操作系统，具有多任务、多用户的功能。工作站开放性能好，易于和外界的各种计算机网络互连，可得到外部的数据。尤其在Internet普及后，工作站存取远程计算机站点上的信息、图像等，表现出很好的性能。

目前工作站广泛用在科研单位、大学中，主要是因为其图形化功能好，对一些需要图形表示较强的应用比较适合。例如CAD（计算机辅助设计）的应用一般都采用工作站。另外对图形实时仿真、模拟管理等需要高速计算和高速图形显示的应用，也应采用工作站。

在GIS中，由于工作站适合于分布式处理，在网络中需要各个结点具有较强的处理功能时，使用工作站比较合适。工作站也可以作为服务器使用。

（3）小型机

一般小型机（Minicomputer）上的操作系统多为专用系统，具有代表性的小型机有HP公司的小型机和DEC公司的VAX小型机。小型机常采用多CPU结构，所以处理功能较强。小型机还可以同时连接多个局域网，可以连接数十条通信线路。它的用途主要是作网络服务器。网络上的资源集中放在服务器上，由各个工作站计算机共享。由于这种方案很适合于大流量的数据处理，对商业应用比较适合。现在在商业信息系统中采用小型机作服务器是很普遍的。

（4）大型机

大型机又称主机（Main frame），具有很强的信息处理能力。大型机的运算速度可达数百MIPS，内存可达数百兆字节，外存容量可达数TB10^{12}字节。大型机具有强有力的传输数据和处理数据的能力，采用企业系统连接类通道、专用磁盘控制器和通信控制器，可连接数百至数千个终端同时工作。大型机采用专用的操作系统，例如IBM主机的操作系统有MVS，VSE，VM等。主机的主要生产厂家有IBM公司、Unisys公司。主机类型有IBM公司的SYSTEM / 370，ES / 9000等。

主机可作为中央计算机对组织的大量数据集中进行快速处理。在这类机器上，更广

泛使用的数据库是 IBM 的关系数据库 DB2。大型计算机可以做联机计算，也可以进行批处理计算。在大型商场、银行、航空公司订票处理机构、国民经济管理部门中，一般都需要采用大型机做后台服务处理。

1.1.2 GIS 中计算机的结构

GIS 中的系统结构指采用何种计算机，怎样把它们连接起来。这不仅关系到如何选购计算机、输入输出设备、辅助存储器和通信设备等，还关系到如何配置这些设备，选用何种系统软件和应用软件，以求得与业务流程最佳的配合。对于硬件的要求不但是各台机器性能好，还要获得较高的整体信息处理效率，要适合特定业务的需求，对组织的管理工作提供有效的信息存储、信息处理和信息传送的手段，同时在价格上也要合理。

（1）主机中心结构

在计算机网络中，一种典型的结构是基于主机的方案。主机中心结构是一种传统的 GIS 系统结构。由一台主机配置一些前端机，再接上许多终端，构成一个树型结构。在主机中心结构中，所有的程序，包括用户自制的应用软件、数据库管理系统、通信软件等都在主机上运行，所有的数据也都存储在主机上。用户通过本地或远程终端来访问主机。在这种结构中，用户的终端称为“哑”终端，因为在终端中只有显示器、键盘以及和主机通信的设备，而没有处理能力。后来对这种终端进行改进，采用了智能终端，用户在智能终端上可以完成一些文字编辑或输入管理方面的简单任务。主机通常带有许多应用软件，如数据批处理软件、标准的商业应用软件、数据库、网络控制和系统开发软件等。所有的信息处理工作都是在主机上完成的。由于主机担负着所有工作，所以必须给它配上大容量的磁盘，以及作为备份用的磁带机和高速打印机等。为了让较多的用户同时使用计算机资源，多是用分时处理的方法。分时处理方式（Time Sharing System，TSS）是将 CPU 的时间片分成许多小段，把它们轮流分给各个终端使用。这样，在一个组织中，可以在各个部门设若干个终端用电缆连接到主机上，各个终端使用主机中的不同软件，每天会有许多人在同时使用中央计算机。

从数据存储的角度来看，主机中心结构的数据处理是一个集成文件系统，即将企业各处发生的数据全部集中在一处，即中央数据库中，系统根据不同的用户发来的要求进行处理加工。这种结构对于过去的手工信息处理阶段的分散的、零星的处理方式是一个进步。由于数据集中到一起，可以用计算机进行迅速的处理，从而提高了信息处理的效率。

主机中心结构的主要优点是对数据处理的控制比较简单，都在主机中进行，从而保证了数据的安全性和一致性。主机对海量数据存储设备可以加强管理。此外，大量用户可以同时使用主机，例如一台大型机上的数据库可能供 1 000 个用户同时使用。这种结构比较适合数据处理量比较大的企业和单位。例如航空定票系统，铁路调度系统，省、市的信息服务中心，流通中心，大企业的数据处理部门等。

主机中心结构的主要问题在于：

①系统的灵活性差，系统的变更、改进比较麻烦；

②对主机依赖过强，一旦主机有故障就会影响全体用户；

③用户缺乏自主性，例如用户个人文件的存取等不方便。

因为主机的价格较高，一般认为采用主机中心结构的 GIS 的成本和维护费用也相应

较高。通常一台主机需要一个很大的机房和一些操作人员及管理人员，对计算中心机房的条件要求苛刻，专业人员的培训也需要付出代价。从20世纪80年代后，许多企业都开始使用PC—LAN的分布式结构。但以后以主机为中心的分布式结构还是在不断发展。有些部门需要集中式控制方式，有的企业需要强有力的联机实时处理，这些地方都需要主机来保证他们的需要。从成本来看，虽然主机的成本较高，但使用成本是否高却是取决于实际情况的。一些例子说明，对于数据处理十分集中的企业、单位来说，主机中心结构的成本反而是比较低的。

（2）客户／服务器结构

从80年代末期开始GIS进入了一个小型化时代。所谓小型化（Downsizing）就是指由于微机、工作站性能的飞速提高，使得它们可以用来代替大型计算机，完成以往企业的信息处理工作，因而将原来的主机中心结构变为以微机、工作站的局域网为基础的分布式处理结构。小型化的主要构成是使用微机和工作站型计算机。

分散式结构多指在一个组织中，各个部门没有有机地构成一个信息系统，但却都有自己的信息处理系统。仅使用微机的组织往往是这种情况。在这种结构中，组织中的信息不是共享的，信息的交换需要通过某种介质，如软盘等来进行。另外，计算机在这里仅起到了信息处理机的作用，组织的各部门没能利用计算机来进行协调和合作。

目前，GIS的计算机系统常用客户／服务器（Client／Server）模式。在这种结构中，网络中的计算机分成为两个有机地联系起来的部分：客户和服务器。客户是由功能一般的微机来担任，它可以使用服务器中的资源。服务器可以是一台功能较强的具有大磁盘空间的微机服务器或工作站型计算机，也可以是一台小型机或主机。将两个部分连接起来的是计算机中的软件，客户机中有具体应用软件提供的用户界面。一般的用户只和客户机打交道，他不会感觉到有服务器的存在。对于用户的要求，如果客户机能够满足就直接给出结果，反之则需要交给服务器来处理，例如调用存放在服务器上的公用数据等，服务器对这些数据进行一些客户看不见的处理后发还给客户。

客户／服务器模式不仅仅是硬件的分布，同时也是软件的分布。采用客户／服务器模式的GIS软件也分成两个部分：客户只执行本地前端应用，而将数据库的操作交由服务器方去完成，因此可以合理均衡事务的处理，充分保证数据的完整性和一致性。客户方应用软件一般包括用户界面、本地数据库、电子表格等。当用户调用它时，客户将请求传送给服务器，并根据服务器回送的处理结果进行分析，然后送给用户。

在局域网中还可以根据需要，将服务器用于不同的目的。从服务器的作用上来区分，服务器分为数据库服务器、工作组应用服务器、数据库信关服务器、专用服务器（如电子函件服务器、打印服务器、数据采集服务器等等）。数据库服务器是配有大容量磁盘存储器的计算机，它不但存放着整个网络系统的主要的数据资源，还可以将应用程序也放在其上让用户共享。通常客户访问数据库服务器时，是通过将它的用户的具体数据操作要求转化为SQL语言，而服务器上的数据库管理系统根据SQL语言去实行具体的操作工作，再将结果返回客户。网络服务器通常是由高性能的微机服务器、小型机等来担任。网络工作站是连接到局域网上的微型计算机，每台工作站都保持着微型计算机的原有的功能，它既能作为独立的本地计算机为用户服务，又能作为网络上的用户工作站访问服务器，共享网络系统的资源。

客户与服务器的连接部分是客户／服务器的第三个主要部分。连接包括硬件连接和软件连接。硬件的连接需要有网络的通信设备，电缆、网卡、通信接口等，软件连接则由网络协议和应用软件之间的接口来完成。对于设计客户/服务器应用来说，客户机与服务器的连接需要通信过程软件的支持，这种软件被称为连接件或中间件（Middleware）。对于应用软件开发人员来说，客户与服务器之间的连接件还包括所选择的软件工具和编程函数。以前，大多数前端客户应用程序都是为服务器上的某种数据库专门编写的，因而需要各种服务器都有已定义好的一套连接机构，这样的系统不能支持其它各种服务器软件。近年来，出现了专门连接各种客户与服务器的标准接口软件，例如开放数据库连接（Open Database Connectivity，ODBC）就是一种被广泛采用的数据访问中间件。

由于客户／服务器模式减少了对硬件的要求，既保留了计算机系统的现有投资，又能较为容易地转换为更新的系统。客户／服务器还集中了大型主机系统和文件服务器网络系统的许多优点，具有较好的系统开放性和易扩展性，同时发挥了计算机和网络的功能。由于这些优点，客户／服务器逐渐成为当前信息系统的一种常用的模式。虽然客户／服务器是十分广泛地使用着的一个名词，但实际上根据应用的功能在两者之间如何分配，可以构成许多不同的形态。客户／服务器的要求是将系统分成运行在两个机器上的部分，但使用起来又好像是一个整体。客户／服务器模式应该是一种“恰到好处的规模（Rightsizing）”，即我们要将计算机资源在客户和服务器之间进行恰到好处地分配。

1.1.3 对计算机的选择

计算机选型是建设信息系统时的一个关键的问题。目前，在信息系统建设中计算机设备的投资仍然是较大的，各种计算机不仅价格、配置、功能、外观等有许多不同，还直接关系到所连接的网络、配置的操作系统以及开发的应用软件等。而且计算机设备一旦购入，就要在较长一个时期中一直使用下去。在计算机选型时必须要进行充分论证，应当在基本原则的指导下，与专家或咨询公司讨论，如有可能应进行投标或定量分析，做出比较合理的计算机选型方案。计算机选型的基本原则有：

（1）考虑到计算机行业发展的速度很快，性能价格比在飞速提高的情况，应根据自己组织的需要和预算，选择具有较高性能／价格比的计算机。一般硬件的报废期可设定为5年，微机的生命更短一些。最先进的计算机价格过高，如果企业的效益与其性能没有直接的关系；一般对于性能不必要求太超前，因为一方面可以根据需要对计算机或设备加以扩充，使之满足不断增长的需要；另一方面，由于计算机发展得很快，即使购买了先进的微机，也会很快落后，很难跟上形势。但是又不宜选择已明显落后的计算机，因为这类计算机很难找到合适的支持和技术服务，不会对企业的经济效益产生良好的影响。

（2）现在的计算机系统一般都是与网络紧密相关的，所以要和网络设备联系起来考虑。而网络设备又和企业的组织结构、工作流程、环境等有紧密的关系，必须统一考虑。例如能否实现与当前企业中计算机的互联，能否与行业计算机网相联，能否在网上发挥当前软、硬件的性能等。

（3）充分考虑计算机的效益，即是否能够满足企业的需求。如果是用于某种比较固定的业务，则应从该业务的需要着手考虑采用何种硬件。例如在商场信息系统中可根据商场的管理要求选定 OCR 的功能。往往有些业务并不需要很先进的硬件支持，但能否发挥

作用，多取决于系统的设计是否合理。所以，应当从业务需要出发，选择软件，从软件的需要选择机器，还要充分考虑所配备的软件是否足够，包括操作系统和应用软件、数据库等。总之，应主要从应用软件的性能着眼，以满足本企业的需求为最终目的。

常用的计算机选型的方法有：通过征集计算机方案选择，通过招标选择，通过基准程序测试决定等。目前常用的方法是通过征集方案选择。这种方法首先选择一些计算机厂商或系统集成商作为候补，向他们提交本组织的需求说明书；然后对各系统集成商的方案进行综合评价，选出少数方案，最后经过技术谈判决定。下面是一些在计算机选型时需要考虑的要点：

- 对于本组织的特定要求，系统集成商提出的系统结构是否合理。
- 网络的特点，网络设备的类型、通信速率、连接方式、所用协议，与外界网络连接的可能性。
- 主机（或服务器）的性能及特点，工作站的性能和特点，包括 CPU、内存、高速缓存、总线类型、通道数、扩充性能、联网能力等。
- 采用的操作系统和应用软件性能。
- 数据库性能，包括数据库容量、分布性、安全性、并发操作性能、响应时间等，与其它软件的连接性能等。
- 售后服务，包括系统升级的服务，软件升级的服务，人员培训及技术指导等。
- 价格和交货时间。

1.2 网络

目前许多 GIS 都是在局域网基础上，采用客户/服务器模式，使得信息系统使用起来更为方便，成本进一步降低。近年来，局域网互联技术、ISBN，ATM 等新型网络技术的引进和加值网、Internet 等网络在经济、管理方面的广泛应用说明：计算机网络在当前 GIS 中具有十分重要的地位。

1.2.1 计算机网络的类型

对计算机网络有许多分类法。根据网络覆盖的范围可分为局域网、校园网、企业网、广域网等。根据应用的方式可分为内联网、外联网、国际互联网等。

（1）局域网（Local Area Network，LAN） 通常是指数十米至数公里之内的计算机连成的网络，局域网常用于一组办公室、一个大楼内部或一组紧邻的楼群之间的通信。局域网的传输速率可以根据局域网的规模、目的、价格等来设计，通常为 10～100Mbps。局域网内部的计算机可以共享局域网的软、硬件资源，例如可以使用服务器上的存储空间，可以由许多用户共用一台高质量的网络打印机，或共用网络版的数据库。同时，各个用户还可以彼此通信，互相交换信息。这就大大提高了计算机资源的使用效率。

（2）广域网（Wide Area Network，WAN） 是指大范围地域的网络，一般广域网要使用公共的通信系统，覆盖较大的地域，例如覆盖一个省、一个国家或多个国家。我国常用的广域网有 CHINADDN，CHINAPAC 等。广域网使用的通信线路速率较低，目前一般在 5K 到 1Mbps 之间，随着信息高速公路的建立，今后会逐步发展高速的通信线路。

根据通信线路不同，广域网分为交换线路的和非交换线路的两种。交换线路的广域网是指信息传输时并非只有一条可能的路径，使用哪一条路径是通过报文地址和网络的规定来确定的。非交换线路是指线路是保证用户随时使用的，例如租用线路或专线。前者价格比较便宜，适用于数据传输量不是很大的场合，而后者则正相反。

（3）加值网（Value Added Network，VAN） 是由通信双方以外的第三方经营的网络，它通常是交换线路的数据传输网络，可以同时供许多组织同时使用，但可以保证它们的私密性。加值网给使用者的好处是不仅可以带来通信上的方便，而且可以不必自己来建立一个网络，因此不必购置设备、软件、培养管理维护人员。同时，加值网具有在企业间形成网络系统，可以与供货单位、销售对象单位、金融机关、运输部门连接起来，因此，行业上的协作，企业和客户、供应厂家之间的联系或是电子数据交换等，都可以通过加值网来进行。

（4）因特网（Internet） 又称国际互联网，它最早是美国国防部高级研究局（ARPA）在 1969 年开始的一个网络科研项目，以后逐渐普及到教育界。20 世纪 90 年代初，由于 HTML 语言和浏览器的开发成功，使 Internet 在全世界普及。因特网的特点是采用 TCP / IP 协议，使各种不同的网络可以相互连接，这就使信息传递跨越了国界，冲破了地域、文化、政治制度、宗教等各种限制，使得信息在世界范围内得以共享。

对于建设 GIS 来说，最重要、最基础的部分仍然是局域网。虽然现在 GIS 已经与外部的信息机构紧密相连，但是一般开发建设都要从局域网开始考虑。因此，我们还是以局域网为中心，讨论网络的建设。

1.2.2 通信的基本概念

在构成一个 GIS 的局域网时，通常要从组织的业务出发，根据业务流程来考虑它应使用的网络设备、拓扑结构、连接装置和各个计算机担任的角色，这些因素与公司的业务流程、通信频度、通信量和通信地点等有关，所以往往要结合最终的业务需要来综合考虑。下面先介绍局域网的基本概念。

（1）信号表现方式

在网络中所传输的信号是如何表示的？常用的信号表现方式有两种：用一定速率的高、低电压来表示的 0、1 符号串数据称为数字信号（Digital signal）；而用连续变化的电压波幅、频率或相位来表示的信号称为模拟信号（Analog signal）。传输数字信号时，不需要经过调制解调器，传输设备简单，速率快，误码率低，设备维护容易。但对自然界的信号必须用编码等技术将它们转换为数字信号才能传输。数字信号的波形易变形，根据所用的设备、线路的不同，传输距离一般限制在几十米到数公里以内。为延长传输距离，可以用硬件设备将波形进行整形后再将各段线路连接起来。

为利用公共线路进行信息传输，通常需要使用模拟信号。传输模拟信号时，是用调制解调器（MODEM）将数字信号转化为模拟信号后进行传输，在接收端再对模拟信号进行复原。将数字信号转化为模拟信号的过程称为调制（Modulation），反之称为解调（Demodulation）。基本的调制方式有三种：调幅、调频和调相。调幅是将数字信号调制正弦载波的振幅，使之成为不同波幅的模拟信号。调频、调相的原理与之相仿，只不过是将数字信号变为不同频率、不同相位的模拟信号。模拟信号比较适合于中速和远程的数据

传输，一般用公用电话线路进行信息传输

从传输通道上数据的组合方式来看，可分为并行传输和串行传输两种方式。并行传输一般只用在近距离的数据传输中，每次传输一组数据（例如一个字符或8位）的数据。串行传输是在一条通道上传输所有的数据，因此必须考虑如何使发送方和接收方取得同步，根据双方的同步关系，串行传输可以分为异步传输和同步传输两种。在每一个字符数据的前面加上起始位“0”，在后面加上校验位和结束位标志“1”，以通知接收方的传输方法称为异步传输（Asynchronous transmission）。所谓异步是指接收方是被动地判断收到的数据是否是一个字符。这种方式效率低，但比较容易实现。同步传输（Synchronous transmission）是指发送方先送出一组预设的同步码，然后以连续方式送出一组数据，最后再以同步码结束。用同步方式传输的数据，先要经过处理，将原始数据分割成一定长度的数据块后再传输。

（2）传输速率和传输媒体容量

计算机局域网的重要组成部分是连接网上各计算机的传输媒体，而传输速率和传输媒体容量是标志它们性能的主要指标。传输媒体的传输速率以每秒钟可传输的信息量或二进制位数（bits per second, bps）来衡量。传输媒体所能容纳的频率范围称为通信频带宽度，简称带宽（Band width）。带宽是一个频道可容忍频率的上下限之差，因此频率范围越大，带宽就越大，其传输容量就越大。通常在局域网上常采用两种不同的带宽范围：

①基带（Base band） 基带方式指传输时数据信号未经调制，只传输0, 1信号。当传输信号速率较低时一般用基带，在线路上通常只传输一路信号。

②宽带（Broad band） 当通信设备的信息发送速率远比线路的速率低时，不能充分使用线路的容量，因此在宽带传输中通常采用多路传输的方法传输调制信号，有时分多路传输（Time. Division Multiplexing, TDM）和频分多路传输（Frequency Division Multiplexing, FDM）两种方式。其原理是在线路两端对称地设置多路复用器（如多路调制解调器），使若干通信线路和接收线路公用一条宽带通信线路。TDM方式指在发送信号一端将整个线路的传输时间分成若干小片，每一个小片对应着一个通道的信号，这样在一条电缆中可产生几十路信道，而在接收端将信号还原。FDM的原理是将各信道的频率范围进行分割，在接收端利用过滤器将信号分离。多路传输可以以较高的速率传输信息，可以在一条电缆中同时传输图像、语音等信息，常用在需要传输多媒体信息的网络中。

1.2.3 局域网的物理结构

构成一个局域网的物理设备主要有传输媒体和一些专用设备。下面分别介绍之。

（1）传输媒体

在计算机网络中常用的传输媒体（通信电缆）有以下几种：

①双绞线 双绞线（Twisted Pair）是两根相互绝缘的绞在一起的铜导线。有屏蔽的双绞线是在两根导线外面加了一层金属丝编制的屏蔽层，无屏蔽双绞线就是在室内部分常用的电话线。双绞线的优点是成本便宜，但对环境抗干扰能力稍差。通常用于室内短距离间的信号传输。

②同轴电缆 同轴电缆（Coaxial cable）类似有线电视用的天线电缆，其传输容量大于双绞线，可达数百Mbps。同轴电缆有较好的通信容量和抗噪声能力，在一段线路之内

可以连接数百个节点，同轴电缆带宽与电缆的长度有关。当传输的距离在 1km 以内时带宽为 100M 以下（过去一般为 10M），当距离增大带宽会相应降低。同轴电缆分为粗缆和细缆两种，粗线一般用于模拟传输系统，采用频分多路传输方式，传输速率高于细缆，但安装比较困难。通常局域网采用细缆，用端接器连到网卡上构成总线结构。

③光缆　光缆（Fiber optic cable）是由光导纤维或光纤构成。在一根光缆中，有几千根极细的光导纤维。在光纤的两端接有光电转换设备，通常是用发光二极管（Light Emitting Diode，LED），将要传输的信号转换为光信号，然后以高速发出。由于光的传输速度极快，光缆的传输速度可达 500Mbps 至 1 000Mbps。光缆重量较同轴电缆轻，对周围不会产生电磁干扰，传输时损耗小，一般可以不用中继器整形放大便可传输 10km 以上。如果用大功率激光二极管驱动，可以不用中继器整形传输 100km。因此光缆是一种非常好的通信媒介，适合传输大量信息。光缆适于用在点对点的信号传输方式中，或单向传输信号。光缆的成本较高，目前在局域网中一般是作为高速主干线（Trunk line），而用同轴电缆或双绞线作为连接到计算机上的线路。例如在一所大学中，用光缆将各个大楼的 LAN 连接起来，而在大楼内用同轴电缆作为传输媒体

④微波　微波（Micro wave）常常用在大量信息的点对点传输中，由于微波信号是直线前进，中途不能有障碍，故必须安装在室外。如果距离加大，需设置中继站，这就增加了成本。另外，微波对环境有一定要求，抗干扰性和保密性能较差。

⑤通信卫星　通信卫星（Satellite）在高空轨道上与地球同步运行，可以接受信息并成为地面的中继站转发信号，其作用类似于地面上的微波中继站，这就避免了线路中的障碍问题。这种传输媒体性能可靠，覆盖面积大，只要几个卫星就可能覆盖全球，主要在远程计算机网络或计算机广域网络中使用。

三种基本的传输媒体——双绞线、同轴电缆和光缆的对比如表 1-2 所示。

表 1-2　传输媒体对比

特征媒体	传输方式	传输率（Mbps）	传输范围（km）	可连接结节数
双绞线	数字、模拟	10	<0.1	数十
基带同轴电缆	数字	10~100	<10	数百
宽带同轴电缆	数字	300	<1	数十
	模拟（多通道）	20	<100	数千
	模拟（单通道）	50	<1	数千
光缆	数字	>1 000	>10	数百

（2）网络连接设备

无论采用什么传输媒体，都需要一些与之相配的连接设备，以配合特定的环境下计算机及传输媒体的设置，包括网络接口卡和终结器、中继器以及配合特定电缆的接口等，是构筑网络系统必不可少的部分。

①网络接口卡（Network Interface Card，NIC）简称网卡，用来进行计算机和网络之间的信号转换。网卡上一般有微处理器，控制设备，编码、解码电路、ROM、RAM 以及手工开关等，这些开关和跳线用来设定各种接口参数的配置，例如对网卡硬件中断级的设置和 I / O 基地址的设置等。

②中继器（Repeater）是一种连接设备，主要用来连接两个属于同一类性质网络的网段。多路中继器是指可以连接两个网段以上的设备。中继器的作用是对发来的信号整形，使得信号不至于因电路耗损而出错。

③调制解调器用于数字信号和模拟信号的相互转换，最常见的调制解调器是利用电话线做传输媒体的音频 MODEM，调制解调器在使用时先要拨号进入联机方式，然后才能传输数据。调制解调器在使用时一般是手动拨号，而先进的可以自动拨号，智能化调制解调器还有自动回应（即随时准备接收外来信号）、自动切断（在对方接到信号或发完信号后自动切断电路）、自动重拨（在线路忙时自动重拨）等功能。

④集线器（HUB）也是局域网中的重要部件。集线器是一个具有多个连接端口的设备，每个端口可接一个节点。当集线器工作时，从任何一个节点发出的信息送到集线器的一个端口后便发送到所有其它端口，这就使得所有的节点都可以注意到网上的信息，但只有数据包寻址的节点才会真正接收该信息。

目前常用的集线器有独立型集线器，智能化集线器和模块化集线器等三种。独立型集线器适用于小型独立的工作组、部门、办公室等，当一个集线器的端口不够用时，可以将若干个集线器连接起来使用，这样就扩展了它的连接能力，使得更多的计算机可以连接到一起。智能化集线器是指该集线器上配有网络管理软件，可以给管理人员提供网络管理的信息。集线器上接有一个控制终端，网络管理员可以在该控制终端上看到集线器各个端口的情况，还能看到网络上各种参数信息，例如通过集线器的各个端口的数据包的数目、类型和错误状况等。从而可决定对各个端口进行的连通、配置、断开等操作。模块化集线器是指在机箱中有一些扩展槽，每个槽中可放入扩展集线器模块，每一个扩展集线器模块相当于一个独立型集线器。当扩展模块插入后，就和机箱内部的其它模块连接到一起了，这样连到一个模块端口上的节点就可和另一个模块上的节点通信。通常一个模块化集线器可有十多个模块，可以方便地扩充到一百多个节点。

⑤交换器（Switch）是用来连接多网段和中等规模以上的局域网的一种网络连接设备。交换器是在一个星型或树型网络的中心位置，其下层可以是网络中的节点，或者是一个连接着多台计算机的集线器。交换器可以用在不同速率的局域网网段的连接上，它可以根据具体需要灵活配置，让各个连接的网段用不同速率的端口，也可以让它们共用某个端口，因而可以有效地提高网络的利用率。交换器目前在企业网和校园网中很常用。

（3）局域网的拓扑结构

现在讨论局域网中各个节点是怎样连接起来的。局域网中节点的不同连接方式构成了网络拓扑结构（Topology），网络拓扑既与节点间的物理连接有关，又关系到节点间进行通信的方式和处理冲突的方式。

星型（Star configuration）结构的网络有一个中央节点，它与所有其它节点直接相连。目前的星型结构多指用集线器或用交换器作为中央节点来连接多台计算机的一种拓扑结构（见图 1-1）。在这种结构中，由于星型结构中各节点都通过集线器相连，和其它机器无关，一台计算机、一个端口的故障都不会影响到其它计算机；同时，每一台机器都用双绞线连到集线器，线路比较容易扩充。当长度不够时，或者层次不够时，可以连接二级集线器进行扩充。星型结构的成本较低、延时性较短。

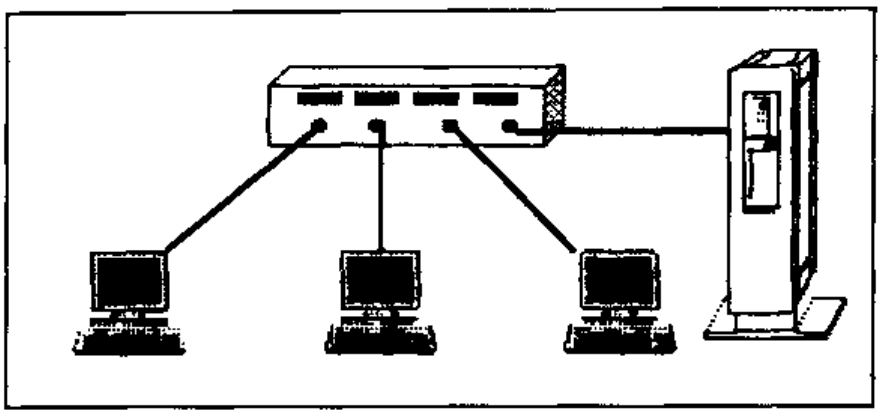


图 1-1　以集线器为中心的星型结构

在总线型结构（Bus configuration）中，所有的节点和工作站都连在一条公共的电缆线上（如图 1-2）。总线型结构的优点是：由于节省了电缆和其它连接设备，因此使用的电缆较少，安装容易，网络连接成本较低。

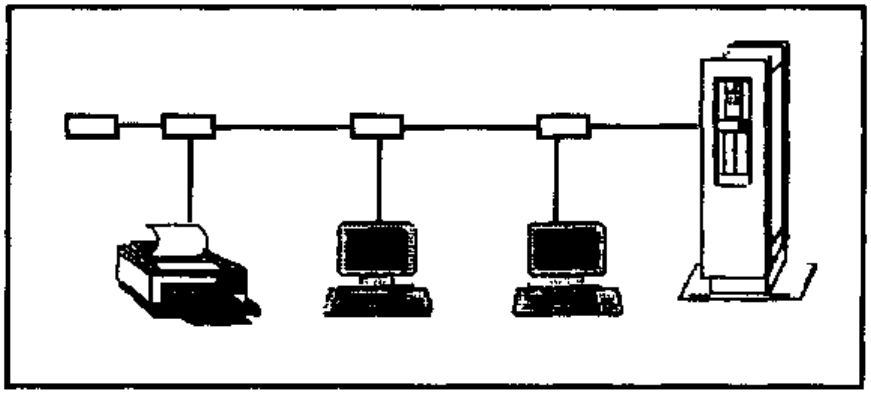


图 1-2　总线型拓扑结构

总线型结构的缺点在于网络线路对整个系统影响较大，由于总线是所有工作站共享的，一旦总线发生故障将会影响到所有用户，使整个网络瘫痪。另外总线结构的网络一旦要改变工作站的配置时，就比较麻烦。例如想把一个站点从一个地方移到另一个地方，必须重新设计整个网络。

在环型网络（Ring configuration）中，所有的计算机用公共传输电缆组成一个闭环，用令牌传递的方法进行数据访问。令牌环网的物理结构并不像概念图那样有一个环，它常常是由一个多节点访问单元的令牌环网连接集中器来构成的。在多节点访问单元上，每一个节点都用两对双绞线，一对是输出，一对是输入，从而构成一个环。环行结构可靠性高，但当环上节点增多时效率下降。

除了这三种典型的结构之外，还有其它一些类型的拓扑结构，如树型、网络型、混合型等。在树型网络中，除了一个根节点以外，其余每一个节点都有一个父节点。例如 IBM SNA 终端网络就是这类网络的一个例子。实际的信息系统开发中，采用单纯结构的情况较少，根据实际需要往往要采用一种混合型结构。例如，可以用总线型与星型结合的方式，用若干个集线器构成一个星型网，再用环型或总线型网将它们连接起来。

1.2.4 媒体访问控制方式

在局域网中，有时会有两个节点同时要求和一个节点联系，也可能会有错误的信息被送到一个节点上。这类问题通过媒体访问（Media Access Control，MAL）方式来控制。常用的媒体访问方式有两种：CSMA / CD 方式和令牌传输方式。

CSMA / CD（Carrier sense Multiple Access with Collision Detection）方式即载波感知多路处理 / 冲突检测方式。其原理是：各个节点在发送信号之前先要侦听线路，只有在线路为空闲时才可以发出信号。最先送出信号的节点使用线路，信号是广播式地被送到所有的节点。因此，其它节点如要发送信号就产生冲突，这时它们必须等待一段时间再发出信号。这种方法原理简单，比较容易实现，网络工作效率较高。

令牌传输方式中有两种形式：总线型令牌传输方式和环型令牌传输方式。在网络是以总线结构构成、但又采用令牌传输方式来处理冲突时，称为总线型令牌传输方式。当网络是环型结构时，称为环型令牌传输方式。

令牌传输方式的原理是：在网络中，有一个由若干个二进制位构成的信息包即自由令牌在巡回传输。只有拿到这个令牌才有权发出数据。之后，各个节点将检验数据，只有信宿是自己的地址才能接收。接收节点得到数据包后，将数据复制到自己的信息缓冲区中，然后将信宿的标志置为“已接收”，仍旧送到网络上去。原节点得到数据包，确认该数据已经送到，于是将令牌标志改为“闲”，并送到线路上。

当节点所需的通信时间不多时，CSMA / CD 方式的效率较高，当节点数目增多，随着数据的处理要求增加，冲突自然增加，这时等待线路空闲，重复发送数据的情况也增加，而网络整体的通信效率也随之下降。

以令牌传输方式工作传输效率比 CSMA / CD 方式好。当传输需要实时性时，采用这种方式比较好。但这种方式的处理方式较 CSMA / CD 方式复杂，对于系统的故障处理也较 CSMA / CD 方式复杂。

由于在网络中很重要的问题是制定一些各个生产厂家都认可的标准，从 20 世纪 80 年代起，一些国际组织便开始着手制定通用的标准。如国际电气电子工程师协会（The Institute of Electrical and Electronics Engineers，IEEE），美国国家标准协会（American National Standards Institute，ANSI），国际电报电话咨询委员会（International Consultative Committee for Telegraphy and Telephony），国际标准化组织（International Standardization Organization，ISO）等。制定局域网标准的组织主要是 IEEE，该协会有一些下级委员会，如按 CSMA / CD 制定标准的委员会称为 IEEE 802.3 委员会，按 CSMA / CD 方式制定的标准称为 IEEE 802.3 标准（按令牌总额式和令牌杯方式制定的标准分别称为 802.4 和 802.5 标准）。在 IEEE 802.3 标准中，根据网络所使用媒介的不同，又分为使用粗同轴电缆的 10Base-5，用细同轴电缆的 10Base-2，用无屏蔽双绞线（UTP）的 10Base-T 以及用光纤的 10Base-F 四个规格。这里的 10 代表传输速率为 10Mbps，Base 代表使用基带传输，后面的数字代表干线的长度为 n 百米，字母代表所用的介质。例如 10Base-T 标准是针对以无屏蔽双绞线为传输介质，采用基带传输、传输速率达到 10Mbps 的以太网而制定的标准。

20 世纪 90 年代前期，大多数局域网受到设备性能的限制，一般速率都在 10Mbps 以下。90 年代中期以后，出现了高速局域网。常用的高速局域网有 100Mbps 以太网和光纤

分布数据接口等。100Mbps 以太网是 10Base-T 的标准扩展，它们采用同样的网络拓扑结构。目前已有数种产品问世，它们都采用星型结构，使用无屏蔽双绞线，同时，100Base-T 高速以太网采用了一些成熟的技术，保留 CSMA / CD 协议，在局域网上，10Base-T 和 100Base-T 站点间进行数据通信时不需要转换协议。这使得 100Base-T 快速以太网可以与当前主要使用的 10Base-T 网络很好地结合，或者在需要时可将 10Base-T 网络升级到 100Base-T 高速以太网。一些网络产品既可以用于 10Base-T，又可以用于 100Base-T，为用户提供了很多方便，因而是一个以较低成本进行网络升级的方案。

光纤分布数据接口（Fiber Distributed Data Interface，FDDI）是在 1982 年由美国国家标准协会（ANSI）提出的 100Mbps 标准。FDDI 不仅可用在数据通信和局域网相互连接中，还可以在都市网络中使用。

FDDI 是一个以 100Mbps 速率工作的令牌传输局域网，它采用逆循环双环结构，为高可靠性提供了冗余保证。在 FDDI 中尚可分为用环行方式、包交换工作的 FDDI—I，以及在 FDDI—I 上加上线路交换功能，使之可以实时处理声音等信号的 FDDI—II 两种。FDDI 的连接距离根据所使用的材料而不同，例如使用单模光纤的可以达到 5km，环上可以有 500 个工作站，环周长可达 100km。

1.2.5 OSI 模型

通过计算机网络互联可以使原来较小的局域网变成大型的计算机互联网，甚至整个世界都通过网络连接起来，形成一个国际互联网（Internet，因特网）。那么网络互联的原理是什么？

网络中各种不同类型的计算机或计算机网络之间的互相通信必须要有“共同语言”，也就是需要有网络协议（Protocol）。网络协议使得不同种类的机器能够互相解释对方传输过来的信号，辨认网络里的设备，从而保证信息能够被正确地接收，以及进行检错、纠错等工作。1978 年，国际标准化组织（ISO）拟订了一套标准化的开放系统互联（Open Systems Interconnection，OSI）参考模型，使得不同厂家的网络互联有了一个可依据的标准，从而使得网络互联的困难得以解决。

OSI 模型是一个对网络中各种通信方式的区分规定。该模型根据数据流的特征，将从物理连接层到应用层的网络互联分为 7 个层次。之所以要进行分层，是因为在计算机网络中的大量数据有着各种各样的意义和特征，它们有时又混同在一起。计算机不会像人那样进行灵活地判断，必须根据事先的规定将各种数据按通信层次分开。如果交流的双方是同层次的，就容易判断它们是否可行。如果层次不同，也容易判断当前需要的是什么，或者能否实现这个交流。如果是高层的交流，则需要低层的支持。正如同现实生活中，为了交流某个技术问题，必须要用某种语言或通信工具一样。如果是低层的交流，则只能与对方的相应层进行，而不能与其高层进行。

按照以上思想，OSI 提出了一个 7 层网络协议参考模型，这 7 个层次由低到高分别称为：①物理层（physical layer），②数据链接层（Data link layer），③网络层（Network layer），④传输层（Transport layer），⑤会话层（Session layer），⑥表达层（Presentation layer），⑦应用层（Application layer）。

为了实现通信的层次化，网络结构设计还必须模块化。各模块是按以下原则来构成的：

（1）层次独立性：每个层次都具有自己独立的功能，因此它只关心其下层所提供的服务，而不必关心其它非相邻层次的功能。

（2）标准化：各层次有标准的接口，使得系统构成可以不必考虑生产厂家等问题，这就带来了实现和维护的方便。

（3）灵活性：一个层次所对应的实际部件的改变，不会影响其上层或下层。

在保证以上原则的条件下，网络中传输数据按照“同层传输”的形式进行。在对数据按某种协议进行传输时，通常是对原始数据进行加工，在其头、尾部加上必要的协议信息，然后传输到其下面一层，这样层层下达，直到最低层通过物理线路传到接收一方。接收一方得到信息后，根据协议的规定，将发送方附加上去的信息去除，再向上层传输，一直传到与发送层相同的层次后，就恢复了原始数据，这一过程如图 1-3 所示。

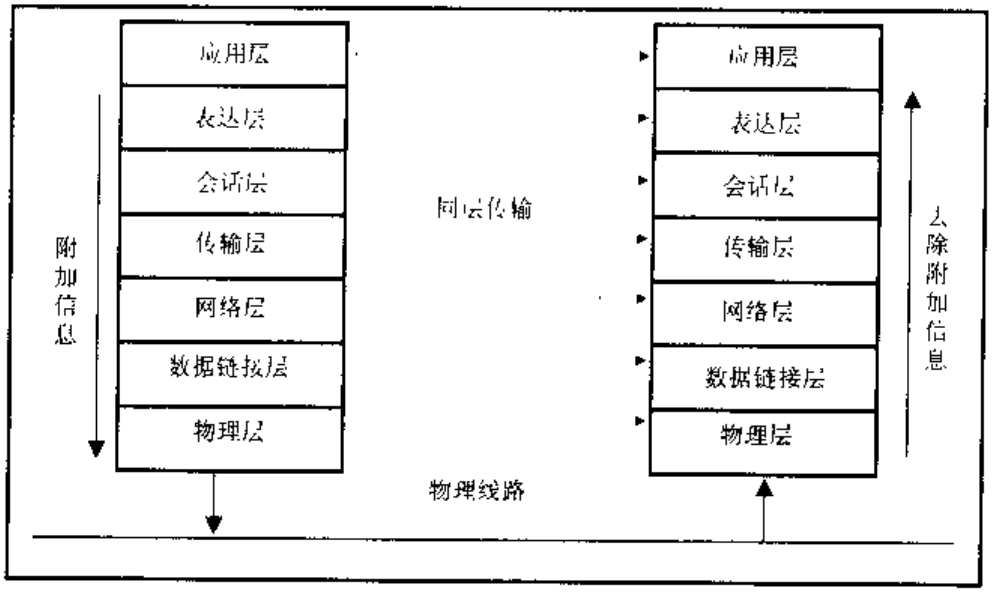


图 1-3　OSI 模型的层次和信息传输过程

1.2.6　网络互联的原理

OSI 模型只是一个理想化的模型，它的层次结构在实际中要由硬件设备和软件模块来实现。按照 OSI 参考模型来区分，网络系统的产品中，属于传输层以上的标准产品大多是软件，而网络层以下的以硬件为主。由于按照低层协议的标准化工作开展得比较早，硬件生产厂家多，各种产品种类齐全。另外，还有一些属于软、硬件结合产品，下面分别介绍它们。

（1）物理设备

在物理层进行局域网互联常用的设备还是在前面介绍过的局域网连接设备，包括传输媒体（双绞线、同轴电缆、光缆）、调制解调器、集线器、中继器、收发器等。

一个局域网和另一个局域网的连接可以通过网桥或路由器来实现。网桥（Bridge）是用于较低层的网络连接的设备，主要用来连接两个同类网络，但也可以用来连接不同协议的网络或不同拓扑的网络。网桥的原理是对数据包的源 / 目的地址进行判断，看它们是否属于同一个局域网，如是则不予通过，否则将它传至另一侧的网络中。网桥在决定如何传

输数据包的时候只能识别节点的设备地址，而不能识别路径或路由的信息。应用网桥可以加大网络互联面积，使得一个局域网的用户可以访问另一个局域网，也可以使网上的流量减少。根据其所连接的网络的范围，网桥还可以分为局域网桥（Local bridge）和远程网桥（Remote bridge）。

路由器（Router）属于比网桥高一层的网络间连接设备。路由器不仅具有网桥的功能，还具备路由寻址功能。它可以用来在不同类型的网络之间进行数据传送。一台路由器通常只支持一种协议，它可以根据网络的流量情况和连接的情况灵活决定传输数据的去向。

网关（Gateway）则是在与规模更大的、异质的操作系统的网络进行联接时使用的设备。网关不但具有路径选择功能，而且能进行不同协议的转换。例如，用 X．25 网关可以将一个局域网与远程广域网上的一台主机联接起来，将局域网上的电子函件信息转换为主机所能识别的代码。利用远程网桥或网关建立的网络互联通常使用调制解调器和电话线作为通信线路。与远程网桥的连接一般通过计算机上的异步串行通信接口来进行。

（2）TCP／IP 协议

虽然 OSI 参考模型是目前最有影响、获得广泛支持的国际标准，但在实际实现这些层次的协议时，各厂家都有自己的实现方法。多年来，国际上的一些通信、计算机大公司在实际的产品中使用了一些下层的协议。一个常用的协议是 TCP／IP，其全称是传输控制／互联网协议（Transport Control Protocol／Internet Protocol）。

TCP／IP 协议的用途很广，在数百种硬件平台上都可以使用 TCP／IP 协议，既可以用来连接微机局域网，又可以用来连接 UNIX 工作站以及大型主机。因为它兼容许多网络软件，也能很好地适应 CCITT 提议的基于 X．25 协议的公众包交换网，还可以用于远程连接。因此 TCP／IP 被认为是当前世界上应用最广泛的异机种网际互联协议。

与 OSI 相比较，TCP／IP 只解决传输层以下的通信等问题，而没有实现高层协议的功能。TCP／IP 中 IP 的作用是定义传输时信息的模式，使传输工作和计算机自身的处理工作分离。对应于 OSI 参考模型，IP 相当于网络层协议，负责传输路径的建立和定义网络地址以及主机地址等工作，对网络进行逻辑管理。这里重要的是 IP 地址的概念。IP 地址是一个 32 位的字符串，用来表示某台计算机所在之处，为容易识别，IP 地址用 4 个“．”连接的 10 进制数来表示，例如，将一个 32 位的 IP 地址“10100010011010011011011000000010”分为 4 个字节后用 10 进制表示就是 162．105．182．2。

TCP 相当于 OSI 参考模型的传输层。TCP 对所传输的信息加上一些控制信号和识别信息并进行一些必要的检测，确保信息能够被另一台计算机所理解。TCP 能进行数据流控制，在传输失败时自动再传输，保证对方接收数据成功。使用了 TCP 软件后，它的上层就不必考虑线路的质量、速度以及对方是否已经收到了数据等。

（3）数据传输技术

在计算机网络中，一般从一个节点到另一个节点的路径可能不止一条，因此，两个节点之间的数据传输要经过许多节点传输才能达到目的。包交换（Packet switching）就是为此目的广泛使用的一种信息传输方法。典型的数据包是由地址码、控制码、检错码和数据部分构成。在数据包中的地址部分记入接收该数据包的计算机地址，在检错部分记入检错码，在数据部分放入要传输的数据，该部分是具有一定长度的数据串（如 1024 位），在

打包时将原始数据分割成规定长度并给各个数据包编号，以便在接收一方得到信息后再重新组成数据。在网络中计算机发送信息时，首先要将数据分割成数据包，然后发送到相应的接收节点，接收节点的计算机将接收到的数据包还原成原来的形式。

目前广泛使用的数据传输技术还有帧中继（Frame relay）、异步传输模式（ATM）、综合业务数字网（Integrated Services Digital Network，ISDN）等。

1.2.7 Internet 和 Intranet

（1）Internet

20 世纪 90 年代以来，Internet 已经成为广泛应用的一种网络。Internet 技术也被引进到 GIS 中来。

目前 Internet 给我们带来的最大利益就是信息的共享。人们可以在浏览器上方便地得到世界上任何一个网络上的公开信息。那么，这种功能是如何实现的？这里，需要重点说明 WWW（World Wide Web）的概念。WWW 是目前在 Internet 上使用最广泛的信息存储、检索的数据格式和显示方式。WWW 提供给用户一种非常直观的信息表示形式，可以帮助用户进行信息检索或者相互通信。WWW 的工作原理也是基于客户/服务器模式的。如图 1-4 所示，在 WWW 上，提出信息需求的是一台装有 WWW 浏览器软件（如 Netscape 公司的 Navigator）的客户机，而响应该需求并提供信息的计算机为一台 WWW 服务器，双方通过超文本传输协议（Hyper Text Translation Protocol，HTTP）等通信协议来进行信息交互。

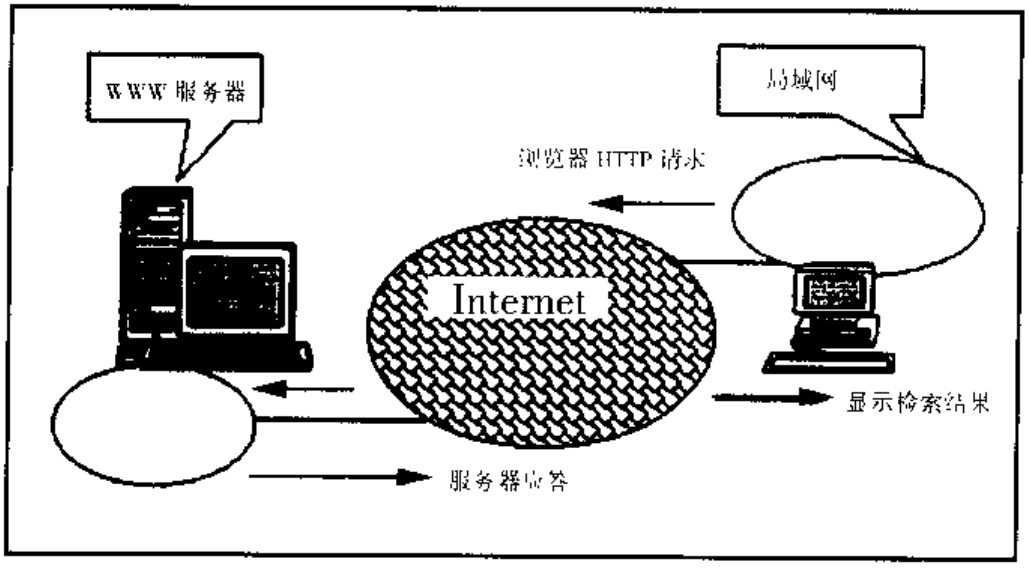


图 1-4 WWW 的工作方式

为了使信息在 Internet 的所有浏览器上都可以显示出来，需要有统一的信息查询标准。用于指明信息资源所在站点的统一资源定位标识（Uniform Resource Locator，URL）就是这样的标准。用户必须在浏览器中键入要查看的 WWW 服务器的 URL 才能查询它的内容。一个 URL 地址分成 4 个部分：协议名、服务器地址和端口号、路径以及文件名，其格式如下：

协议名：//服务器地址：端口号 / 路径 文件名

例如，在浏览器上输入 http：//www．henu．edu．cn 就可以看到河南大学主页。在上述 URL 地址中，只有“协议名：//服务器地址”是必需的，其它都可以用默认值。

HTTP 是浏览器和服务器通信的常用协议。遵循该协议，当客户机上的浏览器向服务器方发出实际信息要求时，这些要求被翻译成为一些 HTTP 预定的信息。服务器方收到该要求后，便会根据该信息去寻找相应的文件，然后将查找的状态、文件和文件类型送回给客户机。这样，客户机和服务器不断进行交互，就使得用户可以方便地查看服务器上的资源。

存有提供给 Internet 网的信息资源服务器称为一个 Internet 站点（Site）或一个 Web 服务器。Web 服务器上安装着守护软件，监听对本机的所有需求，一旦发现，就根据协议的要求将相应的信息发送出去。在服务器上向 Internet 提供信息的人必须为他的信息准备一个 WWW 文件入口，称为主页（Home Page）。主页中的文字可以通过超文本方法与其它关联文字连接起来。浏览主页的用户通过浏览器，在浏览该主页的过程中就可以进行其它信息查询或下载等操作。

WWW 的信息是用超文本标记语言（Hyper Text Markup Language，HTML）的格式来存储的。HTML 文件是一种有固定格式的多媒体文件，可以用文本编辑器来编写，也可以用一些专用编辑器来编写 HTML 文件。它的语法中规定了一些指示符，用来指示计算机如何对它的内容进行处理，这包括对其文本内容如何显示，对相关的文件如何查找，是否用图像处理软件去处理图像或动画等。这些指示如何对收到的内容进行处理的信息称为文件的“通用 Internet 函件扩充符”（Multi-Purpose Internet Mall Extensions，MIME）。用这种格式，一个文本中的关键词可以与另一个关键词（它可以在本文本中，也可以在其它文本中，甚至可以在远程计算机中）发生动态联系，当用户用鼠标触击该关键词时，系统会按照规定的联系，自动装入与之关联的文本或图像等多媒体信息，并显示出来。进入主页后，用鼠标就可以在关键词之间链接浏览，这种浏览常常被称为是在信息的海洋中的“漫游”。由于漫游非常容易“迷失方向”，找不到要找的信息，因此需要一些查询工具来辅助用户进行信息查询。

（2）Intranet

Intranet 又称为内联网、内部网等，它实际上就是使用 TCP / IP 协议和 WWW 等 Internet 技术构成的企业内部的信息系统。Intranet 在发达国家发展得很快，人们认为，其原因主要是因为 Internet 迅速普及为 Intranet 的开发奠定了基础。另外，Intranet 有下列一些明显的优点：

①信息格式统一。一般的 GIS 各个功能模块有自己的界面，而 Intranet 的所有界面都是统一的，都采用 HTML 格式。这就给使用者带来了方便，减少了系统开发后的教育训练工作。

②简单易用，具有多媒体和动态交互功能。使用浏览器不仅可以显示文字，也可以显示多媒体等，又提供信息链接功能，对用户有吸引力。同时，可以直接使用电子函件，使得企业内部通信容易，比传统的纸介质信息传递更迅速且费用低。

③系统开发容易，成本较低。开发一个 Web 服务器是比较方便的，数天即可完成一个小规模系统。使用 Internet 技术容易实现跨平台的系统整合，与现成的 LAN / WAN 相

结合。

④用公用网关接口（Common Gateway Interface，CGI）等技术，可以与企业原有的数据资源结合起来，这样就使得企业原有的各种信息资源得以充分利用。

Intranet 的难点之一是它的系统管理，尽管有防火墙、Proxy 等安全装置可以保证企业的信息不受外界攻击，但防火墙通常很贵，另外如何对企业员工大量地使用 Internet 进行适当的管理往往是困难的事情。

一个典型的企业 Intranet 一般包括以下几部分：

• 浏览器：浏览器的作用是让所有用户使用统一界面来访问各种 Internet 资源，并与之相互作用。

• Web 服务器：服务器上不仅有 WWW 信息，还可能有企业数据库等，它可以支持几种不同业务。

• 域名服务器：域名服务器的作用是将 Internet 网点的名称映射为 IP 地址。

• Proxy 服务器：Proxy 服务器作为代理软件，用于从 Internet 传输企业信息到企业外部的唯一出口，为管理内部网络和实现内外隔绝提供了保险措施。

• 防火墙：防火墙是由硬件和软件网关构成，通过限制外界接入内部系统而保护企业内部信息。

目前已经有许多可用于 Intranet 开发的软件问世，最常用的有以下一些：

HTTPD：是用来实现 WEB 服务器的软件。它通常使用 Perl 等语言来描述其信息查询的动作，这些程序又称为 CGI（公用网关接口）的脚本。CGI 脚本负责处理动态响应用户需求的所有工作，它使得用户可以编写服务器和浏览器进行交互的程序。现在广泛地用在 WEB 服务器的设置和开发方面。

FTP：FTP 即文件传输协议的简称，它也是在 Intranet 中最常见的应用之一。在企业内部，FTP 可以应用于软件和文件的共享或远程信息下载。

E-mail：电子函件是 Internet 最实用的通信手段。企业内部网络可以利用电子函件进行人际交流和信息交换。

Java：Java 是 SUN 公司开发的一种程序设计语言，广泛地用于 Internet 上的系统开发。Java 的特点是可以用于许多平台上，因而具有标准性。现在 Java 已经成为非常引人注目的一种新的开发技术。Intranet 的主要技术如表 1-3 所示。

表 1-3　Intranet 的主要技术

名称	作用	例子
规划与设置服务器	响应来自客户机的浏览要求	HTTPD，FTP Server
群件和工作流处理	组织内成员的协调工作	E-mail，BBS
动态目录管理	网络文档搜索，文档管理	Catalog Server
网络安全管理	对用户权限的验证，对信息的加密等	Fire Wall，Proxy
文件传输和资源共享	组织内成员间的信息交换和资源共享	FTP，TVNT220
新闻讨论	提供新闻讨论和群信息交换功能	MIME，NNTP
网络浏览和信息交互	信息发布，申请、公告等	HTTP，HTML，Java
数据库资源利用	利用数据库资源为组织提供更方便的资源利用	Web Server

1.3 GIS 外部设备

GIS 外部设备包括输入设备数字化仪、扫描仪，输出设备绘图仪，以及数据存储-传送设备如磁带机、光盘机、活动硬盘、硬盘阵列等。

长期以来，数字化仪手扶跟踪输入几乎成为 GIS 的象征，尽管成本高昂、工序烦琐、对人员素质要求苛求，但在相当长的时间内仍将是空间数据采集的主要方式。栅格数据的获得则相对容易得多，新一代大幅面扫描仪提供高分辨率、真彩色、近乎完美的图像效果，同时扫描矢量化正在成为时尚。尽管取得一些重大技术突破，但针对某些复杂图像类型的处理效果仍尚需时日，折中方案是采用扫描、屏幕半自动跟踪数字化，目前主流 GIS 软件均提供相应支持模块。

大幅面喷墨绘图仪具有高分辨率和图形质量，丰富的色彩变化，优越的性能价格比，是目前广泛使用的主流地图输出设备。它采用根据对象空间分布形式和输出产品的特征，选择恰当的图形表示方法，结合色彩、线条、符号、文字等表示手段，搭配组合，输出优质实用的 GIS 产品，包括各种类型的符号图、点值图、晕线图、等值线图、晕渲图以及三维立体图。大幅面喷墨绘图仪以卓越的性能价格比获得用户的青睐，迅速取代静电、笔式绘图仪成为市场主导。GIS 系统如 ARC/INFO 提供对各类绘图仪的软件驱动和优化，可以生成绘图仪文件通过串口、并口或网络直接接收打印。

1.4 操作系统

根据组织中特定的需要，信息系统可以分为个人信息系统、群体信息系统和组织的信息系统。无论何种信息系统，都需要作为其底层平台的操作系统的支持。下面对目前常用的几种操作系统加以介绍。

1.4.1 微机操作系统

作为个人信息系统的底层平台，目前微机和工作站上的操作系统一般用通用操作系统。流行的通用操作系统有：

（1）DOS

DOS 是磁盘操作系统（Disk Operating System）的简称，在 20 世纪 80 年代中期以前，微机上的操作系统主要是以 DOS 为主，因此 DOS 成为许多个人信息系统的底层平台。以后在 PC—LAN 时代，也常用来做为客户机的平台和 Netware 网络结合。

虽然 DOS 有本身消耗资源少，程序小巧灵活，运行速度快等特点。但 DOS 是一个字符界面的操作系统，需要用户用键盘输入命令和计算机会话。记忆它的命令集对于终端用户是一个不小的负担。DOS 的一些技术上的设计局限对软件的发展（如提供图形界面等）造成了障碍。DOS 在应用软件之间不提供任何保护，容易感染病毒。从 20 世纪 90 年代开始，DOS 逐渐被基于图形界面的操作系统所替代。

（2）微机 GUI 操作系统

图形用户界面（Graphical User Interface，GUI）是计算机近年来发展的重要成果之一，

GUI 意味着图形是用户与计算机打交道的主要途径，因此必须认识这些图形并掌握对它们的操作方法。GUI 可在屏幕上同时显示多种尺寸的字体、图画和符号，这一功能被称为所见即所得（WYSIWYG）。与传统的字符界面相比，GUI 不仅提供了美观的显示，而且改变了过去使用 DOS 时完全依靠行命令输入的方式，提供了多种输入手段。它使得操作系统对用户更为友好，给用户提供了操作计算机更方便的环境。

MS－Windows 系列是微软公司的基于 GUI 的操作系统。微软公司出品的许多个人信息系统使用的商业和事务性软件，如文字处理、电子表格、数据库管理系统、开发语言等，都可以在 MS－Windows 系列上运行，其它公司也生产了大量可以在 Windows 系列上运行的软件产品，使得它成为目前最流行的微机操作系统。

Macintosh 操作系统使用方便，多用于 OA 和图形设计功能方面。由于其具有独特的界面、命令和用法，与 IBM 主流机不兼容。

OS／2 是 IBM 开发的 32 位微机操作系统，它也具有图形用户界面，操作简单容易，并且与 IBM 的主机联网比较方便。

1.4.2 UNIX

UNIX 是当前在工作站型机器上最流行的操作系统。UNIX 有强大的功能，在教育科研领域非常流行，同时被广泛地运用在许多计算机厂商所生产的工作站和小型机上。UNIX 是多用户、多任务的操作系统。它可以作为单机上的操作系统，也可以作为服务器上的操作系统，让计算机硬件资源供网络用户共享。

20 世纪 80 年代，由于 XWindow 的出现，使得 UNIX 得到更为广泛的应用。XWindow 是由 MIT，IBM 及 DEC 共同开发、运行在 UNIX 操作系统上的一个 GUI 系统，它使得 UNIX 可以更加方便地被使用。XWindow 还具有开放性，它尤其适合于分布式异构环境。在这种环境下，它可以使不同厂家的工作站型计算机和其它类型的微机及小型机等连接起来，运行相关的应用程序。UNIX 网络使用 TCP／IP 协议，用它可以方便地构成计算机局域网，也可以和远程计算机方便地联接，特别是和 Internet 相联十分方便。

1.4.3 微机局域网操作系统

目前在企业、事业单位中更广泛应用的是基于微机局域网的信息系统。尤其是使用微机服务器构成的局域网更为普遍。作为这类信息系统的底层平台需要网络操作系统。代表性的产品有诺威公司的 Netware 和微软公司的 Windows NT 等。Netware 在 20 世纪 80 年代比较流行，广泛用在以太网结构的局域网中。目前比较流行的是 Windows NT。

NT 操作系统系列分成 NT Workstation 和 NT Server 两种。这两种操作系统虽然都可以单独使用，但通常是作为局域网中的工作站方和服务器方的操作系统结合使用。NT 还可以和 Windows 95 结合使用，从而构成组织信息系统和个人信息系统相连接的灵活的结构。如图 1-5 所示，在一个局域网中，可以根据不同的需求，使用三种不同的操作系统，它们各自都有自己的特色，同时又结合起来发挥更大的作用。

Windows NT 代表了当前 GIS 操作系统发展的倾向，是目前基于 PC－LAN 的客户／服务器结构中最广泛使用的操作系统。下面简要概括一下它的主要特点。

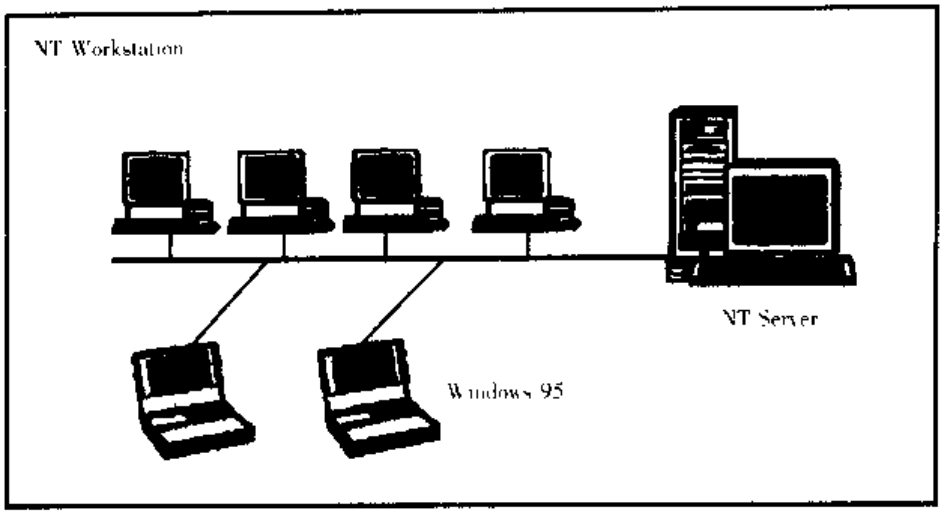


图 1-5　Windows NT 和其它微软操作系统

（1）充分发挥硬件资源的作用

Windows NT 是一个适合用于高配置的计算机硬件环境的操作系统，它可以使得计算机资源得到有效利用。例如在一些专用服务器中往往采用多 CPU、多通道的结构，若没有相应的操作系统支持就难以发挥硬件的作用。NT 可以支持多达 16 个微处理器的服务器。NT 还支持大容量的内存。例如用 MS－DOS 最大只能使用 640K 的内存，然而在 NT 中，可以使用 4 096MB 的内存。

（2）多线程、多任务功能

所谓多任务（Multitask）是指计算机可以同时运行多个程序，当用户在前台使用一个应用程序时，另一个可以在后台运行。为了提高效率，可以将一个程序进一步分解成若干更小的程序，每一个小程序称为一个线程（Thread），这些程序可以独立地同时运行，这就是多线程（Multithreaded）的意义。

（3）灵活性

NT 的设计充分考虑到支持企业级的网络。NT 的特色之一是可以在网络中的计算机资源上构成若干个域（或工作组），在一个域中的所有成员可以共享域中的资源。通过授予信任关系，一个域中的成员也可以使用另一个域中的资源。另外，一台装有 NT Server 的计算机可以是只提供资源的服务器，也可以是服务器兼客户机，可以根据实际的业务需要灵活配置。一个用户只要在一台机器上登录就可以对各台机器进行访问。在这种思想指导下，一个组织中的各个部门可以根据自己的需要灵活配置各台计算机的功能和角色。例如，可以用 1 台服务器加上若干台计算机构成一个局域网，所有的计算机既互相连接又具有一定的独立性。其中一部分计算机属于一个域，另一部分计算机属于另一个域。图 1-6 描述了这种情况。

（4）安全管理功能

NT 对于网络上的安全机制进行了充分的考虑，并使用了一套新的文件系统（NTFS）。在 NT 上可以为一个用户建立一套安全体系，对自己的每个文件都设定安全保密权限。同时，为了对资源进行有效的管理，NT 提供了一组管理工具，管理员可以用用户管理程序对各用户设定不同的权限，使得所有用户必须按照许可对各种资源进行操作。打印管理程

序和磁盘管理程序用来对网络上打印机和磁盘等共享资源进行管理，对特定资源还可以设定监视日志。这使得整个网络的管理比较容易。

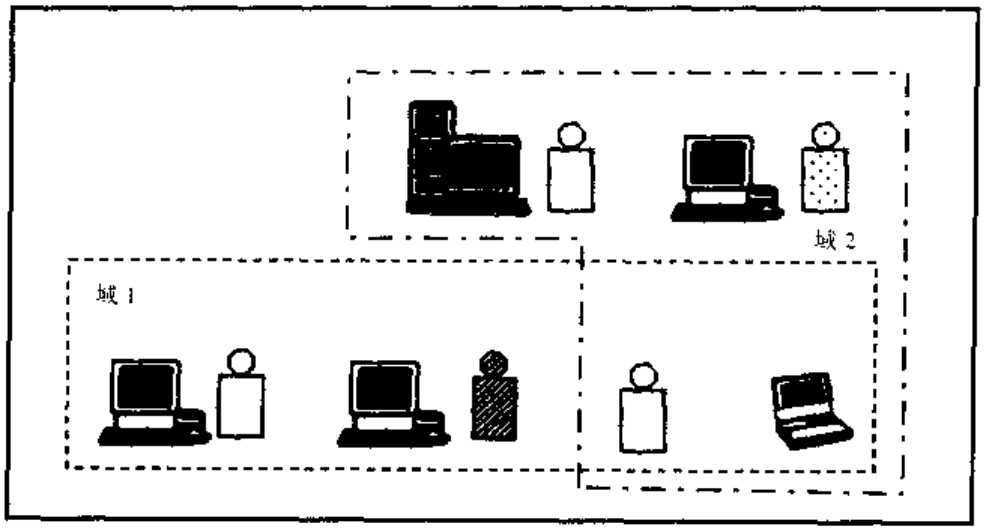


图 1-6 NT 中的域

（5）网络互联性

一个 NT 的网络可以与多种网络连接，例如可以与使用 Netware 的网络连接，也可以使用 TCP / IP 协议，连接到 UNIX 机和 Internet。NT 还提供远程访问服务（Remote Access Server，RAS），用户在外出时带一台笔记本计算机就可以方便地通过电话线调用一个在外地的远程服务器上的资源。这样，用户可以将一些后台的工作交给远程服务器来完成，在进行分布式处理时也可以将处理程序放在其它机器上。

(6)容错功能

NT 上可以设定镜像处理和磁盘条带化两种容错方式，保证在意外情况下系统的数据仍不丢失。所谓镜像（Mirroring）就是用两个磁盘，在读写时进行完全一样的处理，这样在万一一个磁盘出错时，另一个磁盘的信息仍可保持不丢失。所谓磁盘条带化（Disks striping）是指将若干个物理磁盘作为一个逻辑磁盘，在读写数据时，将它们分散到各个物理磁盘上。一旦一个磁盘出了问题，用其它磁盘的数据仍可以恢复数据。另外，NT 支持廉价驱动器冗余阵列（Redundant Array of Inexpensive Drives，RAID），也就是将若干个廉价的磁盘结合起来使用，从而可获得较大的空间，供镜像或条带化使用。

（7）远程服务

Windows NT Server 支持多用户并发连接使用，在远程服务时可建立 256 个对话。最新的 Windows NT Server 还提供 Internet 功能，将对 Internet 的浏览器和 WWW 的数据提供系统都放在它的系统中。

1.4.4 对操作系统的选择

操作系统虽不像硬件那样看得见、摸得着，但它产生的影响却和硬件没有什么两样，操作系统的优劣往往影响到信息系统的整体工作形态和长期的发展。目前软件产业界没有统一的操作系统标准，各家的操作系统都在互相竞争、迅速发展。在开发企业信息系统时，

究竟使用何种操作系统？对于用户来说往往很难做决定。这里提出几条选择操作系统时应当考虑的基本原则，供决策时参考。

（1）考虑操作系统发展的趋势

从微软的操作系统发展历史就可以看出：从 DOS 问世后，大约每两年就要升级一次。所以对于终端用户来说，要充分考虑这种不断升级的性质来适时选用最新的操作系统。

（2）根据业务性质

在选择操作系统之前，应先决定在一台计算机上做什么工作，这台计算机在组织中起什么作用。个人用的信息系统一般选择使用 Windows 95，OS / 2 等。加上相应的软件包就可以了。但现在一般工作都是需要若干人合作的特定业务流程，这就需要用局域网上的操作系统，并考虑如何配合。

（3）考虑系统配合

选择操作系统应充分考虑所选用的计算机硬件设备。在需要用便携计算机和主机相连时，应考虑便携计算机上的操作系统与主机操作系统的功能相配合。例如有的公司采用虚拟办公室，销售人员需要在饭店或在客户处使用便携计算机工作。便携计算机用户需要操作系统能发挥多媒体硬件作用，同时，在需要时能和服务器相连，得到服务器上的数据库信息。

（4）考虑特定应用的需要

尽管 Windows 的图形用户界面是对用户友好的，但有时仍需要字符用户界面。这种情况有时是考虑资源，因为字符界面不需要大量的内存用作图形显示，浪费资源较少；有时是出于历史的原因，需要保持以往的数据资源；还有的是出于业务的考虑，例如在某些银行业务中仍保持字符界面，以保证业务与普通用户相隔离。

（5）中文界面

面向终端用户的业务往往要求配有良好的中文界面。目前中文界面有多种实现方法，如使用汉化的国外操作系统；采用英文操作系统外挂中文处理平台；或使用国产操作系统等。

（6）考虑性能

对网络操作系统进行选型时，性能是非常重要的因素。在金融业、商业等经常需要进行大量数据实时处理的场合，必须在系统设计时考虑到操作系统的性能。以小型网络上服务器为例，可以用微机服务器配上 Windows NT 或用工作站机配上 UNIX。一般认为：微机方案对用户比较友好，软件包丰富且价格低。当只需要进行中、小型事务处理时，用微机服务器配上 Windows NT 比较方便。但如果信息系统的用户较多，独立性较强，使用 GIS 等图形功能的软件，则应当采用工作站和 UNIX。特别是在异构系统中，如采用 UNIX，就可以较容易地进行开放系统互联。

在分布性较强的系统中一般有多个服务器，而每个服务器的用户比较少。这种情况下用 NT 比较方便。NT 有中文界面，操作起来相对容易。微机服务器价格比较便宜，并且支持对称多处理以及不同平台间的可移植性，可提供近似工作站的性能。

1.5 GIS 专业软件

1.5.1 GIS 专业软件的配置

根据 GIS 的数据流程（图 1-7），将 GIS 的软件分解为操作系统软件、数据输入软件、数据查询和分析软件、图像处理软件、网络管理软件和信息输出软件。

（1）操作系统软件是 GIS 软件开发的基础平台，主要包括微机 DOS 操作系统、Windows 操作系统，工作站的 Unix 操作系统等，它们对于其上所开发的 GIS 功能的优劣具有决定性意义。GIS 发展的初期，软件系统大多数是基于微机的 DOS 操作系统开发的，因而初期的 GIS 大都是单任务、单进程的；到 Windows 操作系统出现后，基于其上所开发的 GIS 就具有了单任务、多进程的特点；直至网络版的 Windows NT 操作系统出现以后，基于其上所开发的 GIS 就具有了多任务、多进程的特点。进入 20 世纪 90 年代，随着支持多用户网络服务操作系统的发展，分布式 GIS 开始出现，它将数据存贮与系统功能分布在开放的网络计算环境中，因而具有信息共享、分布式空间数据库管理以及分布式地学分析与处理等特点。由此可见，操作系统的选择对于 GIS 的开发具有深远意义。

一般来说，选择作为 GIS 软件开发基础平台的操作系统应具有如下特点：

- 支持多用户
- 支持多任务、多进程
- 支持文件管理
- 支持内存管理
- 支持安全管理
- 支持数据库恢复（Backups）
- 具有检查错误和纠错能力
- 具有系统诊断能力
- 具有抗病毒能力
- 具有收发电子邮件能力

（2）数据输入软件，包括两种：基于矢量的地图数字化和编辑软件，基于栅格的地图／影像扫描软件。

数据输入软件常见功能如下：

- 交互式图形编辑
- 属性编辑
- 质量控制、误差检测
- 数据边界匹配

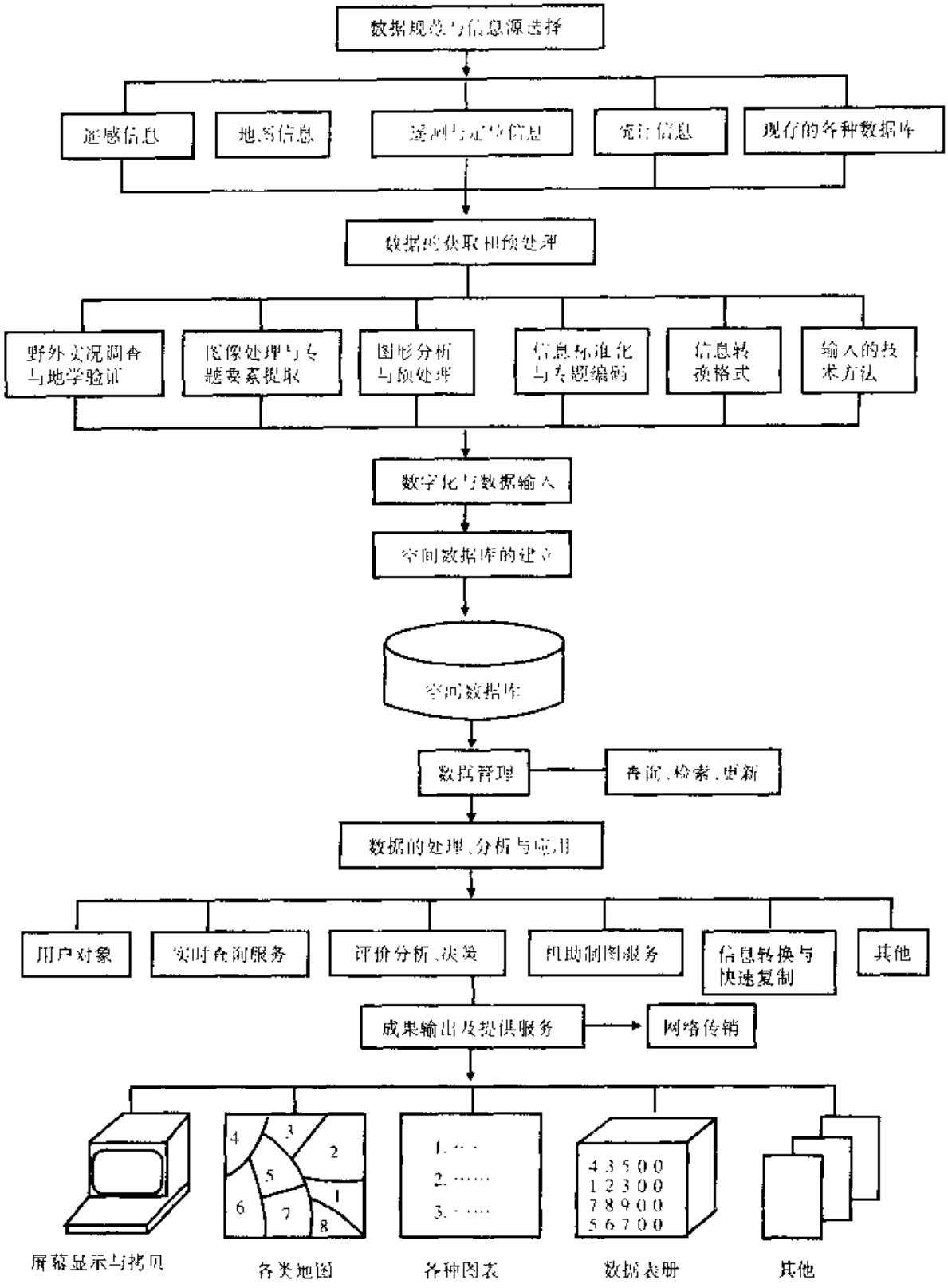


图 1-7　GIS 的数据流程（据边馥苓）

（3）数据查询和分析软件。数据查询软件，主要包括图形数据查询和属性数据查询两种软件。数据分析软件，又分为数据预处理软件和信息分析软件。数据预处理软件，包

括地理坐标交换、数据格式转换、数据配准与纠正、地理内插等功能。信息分析软件，包括缓冲区分析、多边形叠加分析、线性网络分析、空间统计分析等空间信息基本分析软件以及基于地学领域各专业问题解决方案的预测模型、规划模型、决策模型等空间信息高级分析软件。

（4）图像处理软件，主要包括影像增强、分类、识别和分析软件。

（5）网络管理软件，用于实现 GIS 网络数据和设备的管理，常用功能如下：

- 多用户数据库的管理
- 网络活动的监视
- 网络问题的诊断
- 打印和绘图管理

（6）信息输出软件，主要包括如下功能：

- 图形显示
- 表格显示
- 栅格影像的生成和显示
- 生成硬拷贝的地图和报表
- 按照比例尺输出和显示地图
- 曲线和图表的生成

表 1-4 表示了两种软件的对比：Intergraph 的 MGE 和 ESRI 的 ARC / INFO。

表 1-4 Intergraph 的 MGE 和 ESRI 的 ARC/INFO 的对比

MGE (Modular GIS Environment)	ARC/INFO
MGE Analyst	Core functions
Buffering	Map projection
Topology building	Polygon
Overlay of layers	Buffering
RDB access	Spatial data analysis
Logical operation	
Image	ARC EDIT
Image processing	Data entry and edit
Stereoplotter input	
Translator	ARC PLOT
Reformatting	Data display
Projection Manager	AML Macro language
Map projection	
Terrain Modeller	LIBRARIAN
DTM	Geographic data management
Visualization	
Network Analyst	DATABASE INTEGRATOR
Route finding	INFO
Tracing	Tabular data management
Grid Analyst	IMAGE INTEGRATOR

MGE (Modular GIS Environment)	ARC/INFO
Raster data analysis	Image display
Raster vecter conversion	IMAGE NETWORK
	Network analysis
Map publisher	ARC GRID
Raster file for outpput	ARC TIN
Color separation	DEM
Dynamic Analyst	ARC Scan
Dynamic analysis	Scan digitizing
Map Finisher	ARC COGO
Cartographic symbology	Coordinate geometry
plotting	Geodetic surveying
	ARC CAD

1.5.2 ARC/INFO 软件

GIS 厂商 ESRI 的代表产品是 ARC/INFO，它是当今世界上最完整的 GIS 系统，它所包含的几千个 GIS 分析工具已经被各个领域的项目所采用，千锤百炼后 ARC/INFO 也更加地成熟。目前，ESRI 在强化传统产品，如 UNIX ARC/INFO,PC ARC/INFO, ArcCAD, DAK 的同时，又推出了几种全新概念和具有划时代意义的产品，包括：空间数据库引擎(SDE, Spatial Database Engine)，ArcView GIS3.0，NT ARC/INFO 和 MapObjects。ESRI 是目前唯一一个支持全系列操作系统的 GIS 厂商，其多层次、全系列的 GIS 产品能够满足每一个用户领域、每一个用户规模的需求。

（1）ARC/INFO 数据模型简介

地理数据模型主要是用来反映现实世界的理论信息，它应该能让使用者产生、编辑、维护、显示、分析输出结果以及执行各自的不同应用，此数据模型必须简洁、容易理解和有充分的灵活性，用以管理大范围的不同的数据源，还应有健全的功能，能涵盖各种地理特征，并且支持高级应用及有产生灵活应用界面的机制。

ARC/INFO 把地理信息提炼成简单的概念，即：点、线、面，每一空间要素能和相应的关系型数据库进行连接，ESRI 的精心设计与其在市场上的成功，使得这一基本结构被许多 GIS 厂商所效仿。

ARC/INFO 的数据模型在最近几年有了非常大的发展，如增加了“区域”(Region)，“动态分段”(Dynamic Segmentation)，以适应各种高级空间数据及快速增加的数据量的要求。基本的图层可以组织成高层次的面向用户的数据组“VIEWS”，用来帮助用户高效率地组织存取和使用地理信息。ARC/INFO 数据模型仍在进一步发展，自 6.0 版起又推出集栅格数据和关系型数据库于一体的 Grid 数据模型，所以，ARC/INFO 既是一个矢量的 GIS 软件，又是一个栅格的、具有图像处理功能的 GIS 软件。

ESRI 所有软件产品及数据产品都共享此基本数据模型。ESRI 的产品及数据模型在简洁实用可扩充性等方面已被世界数以万计的用户证明。此数据模型还能与其他数据库管理系统如：OREACLE，SYBASE，INGRESS，INFORMIX，SQL Server 等进行高度集成，并能使用视频、音频、动画等多媒体数据。

（2）ARC/INFO 主要功能

ESRI 提供各种高品质 GIS 产品，能满足不同领域的不同部门和不同环境的需要。作为全球 GIS 的标准，ARC/INFO 是一个具有丰富功能的通用 GIS 软件。它包含了处理地理信息的各种高级功能。它可以运行在 SUN，COMPAQ，SGI，HP，IBM 等工作站上，现在，又把 UNIX 版 Arc/info 的全部功能模块移植到 Windows NT 之上，使用户可以在低价位的平台上（Intel、AMD 或 AlphaCPU)使用高级的 GIS 功能。ARC/INFO 实现了全面的汉化，包括图形的汉化(宋、仿宋、黑、楷、单线)、界面的汉化、数据库的汉化。其核心模块的主要功能如下：

• 数据输入和编辑功能——支持数字化仪手扶跟踪数字化、图形扫描及矢量化，也能接受 GPS 测量数据，能对图形和属性数据进行编辑。

• 数据转换和集成——能转换各种标准的矢量格式和栅格格式，全方位支持符合 SQL 标准商业关系数据库。

• 基本 GIS 功能——地图投影转换，数据维护及管理，多边形叠加分析和 Buffer 分析等。

• 完整的数据查询和显示工具——支持复杂空间数据和属性查询，并进行相应图形显示，包括栅格图像显示和管理。

• 地理数据管理——能对大型的、分布式的、多用户数据库进行有效的存储管理。

• 用户界面——提供生产图形用户界面工具：FORMEDIT，使得用户不用编程就能制作美观的图形用户界面。

• 系统二次开发能力——其应用开发语言 AML 有数千个函数和命令，可编写各种复杂的 GIS 应用系统。

• 数据输出——提供地图制作、报表生成及制作高质量的地图功能。

• 程序之间的相互通讯(IAC)——ARC/INFO 支持 DDE，RPC 及 ONC-RPC，可以与其他软件或应用程序，如 C&C++和 Visual Basic 等之间进行互相调用。

除核心模块外，ARC/INFO 还有下表所示扩展模块。

NETWORK——线状网络分析的模型，包括先进的路径选择(Path-finding)和地址匹配(Address match)，以及空间定位(Location)，资源分区分析(Allocation)和动态分段(Dynamic Segmentation)。为道路管理、公安及消防分析、城市设施(如地下管线、自来水、污水、电力、电讯)管理提供了最好的工具。

TIN——地表模型和地形分析模块，能进行坡度坡向土方填挖量计算，地表长度计算，剖面图制作及根据地形提取水系，能自动确定山脊线、等高线，能制作三维地形，尤其是真实感三维地形，并具有与虚拟现实图形和飞行动画的接口。是山区 GIS、军事、水文、测量部门的必备工具。

COGO——用于地籍测量和工程制图的工具，具有很多 CAD(辅助设计)的功能，能根据相对位置和几何关系生成空间数据库，能保持高精度的测量结果。

GRID——功能强大的栅格 GIS 分析、编辑、显示和处理模块，还是一个初级图像处理模块，具有图层及图层之间的地图代数运算、距离分析、三维表面工具、多变量统计分析，如聚类分析、最大似然分类、主成分分析、扩散模型等功能。

ARCSCAN——扫描图预处理及矢量化模块。具有栅格与矢量数据的一体化编辑、噪

音消除、斑点剔除、线状要素跟踪矢量化等功能，可以加快图形的输入速度，大大地缩短数据生产周期。

ARCSTORM——空间数据库管理模块，是针对大中型 GIS 项目数据量巨大、用户众多、并发频繁的应用需求而设计的。它采用客户/服务器模式，使 ARC/INFO 的数据管理更为完善。其主要特点是：（1）要素级事务处理：允许多个用户同时对一个数据库进行更新，如果一个用户在编辑某一要素，则同一图层中只有这些被编辑的要素和与之相邻的要素被锁定，同一图层中的其他要素仍然可被其他用户访问，既保持了数据的完整性和拓扑关系的正确性，又提高了数据的使用效率。（2）支持对外部 RDBMS 相关表中记录项的长时间锁定和长型事务处理，当用户选择某一特征的某些要素进行编辑或更新时，这些要素存在外部 RDBMS 中的属性记录也被锁定，直到用户完成此次作业。（3）支持数据库历史管理功能，可将数据库恢复到任意时刻以前的状态。

ArcExpress——图形显示加速模块，能够将图形显示速度提高 10 倍以上，以达到快速的图形刷新和漫游效果。

ArcPress——将 ARC/INFO 的矢量地图文件或矢量和栅格共存的图形文件转换成纯净的栅格图像文件，从而在不增加硬件投资(如绘图仪内存、选件等)的情况下完成高质量的、快速有效的绘图输出和打印工作。

（3）ArcView GIS

ArcView 软件是一个易学易用的 GIS 分析工具和桌面制图系统。它能让用户对组合数据进行查询与显示。它可以直接对 ARC/INFO，ARCCAD，PCARC/INFO，ARCSTORM 和 SDE 的数据库进行操作。ArcView 提供完整桌面制图，属性表管理，统计分析，连结多媒体等功能，支持多类型数据和多种数据库，有完善的二次开发功能。由于 ArcView 简单易学，界面友好，适用于非 GIS 专业人员使用，它具有如下几种核心模块：

View——地图显示，信息查询，空间分析。能直接显示 ARC/INFO 的矢量和栅格数据，以及 AutoCAD 的 DWG 文件和 DXF 文件而不用经过任何转换，并支持 TIFF，ERDAS，BSQ，BIL，BIT，SunRaster 等众多格式的图像显示。可以进行投影变换，制图综合，连接多媒体。还可以完成空间叠加、缓冲区分析，邻近分析等空间操作。

Table——数据库管理，电子表格。可直接读取 INFO，DBF，ASCII，并通过 SQL Connect 和 ORACLE，SYBASE，INFORMIX，INGRES，以及支持 ODBC 的数据库相连。

Chart——统计图形制作，包括饼图，柱状图，散点图，折线图，面积图等。

Layout——把地图、统计图、图像，以及图例、指北针、比例尺、标题等部件进行组合，并制图输出。

Avenue——是一个面向对象的查询设计语言和开发环境，它功能强大，利用它可以重新组织 Arcview 的界面和功能，设计出特定功能的专业系统。它支持 DDE，RPC，AppleEvent，从而可以和用户的 C&C++，Visual Basic 等开发工具密切结合，相辅相成。

ArcView 目前的版本为 3.1，核心模块增加了数字化、编辑、空间分析等功能，并增加了 Network(线状要素分析)、3D 和 Spatial Analyst 扩展模块。运行平台为 Windows 95，NT。

第二章　GIS 的数据分析

GIS 的一个重要部分就是数据。陈述彭先生曾经把 GIS 中的数据比作水利设施中的水，没有了水，水利设施便无法发挥作用，GIS 中没有了数据，便成了无米之炊。但是，GIS 中的数据必须适合建立系统的目的。在建立和维护一个 GIS 过程中，对数据的投入占总投入的 50%～70%（史文中，1996），有时甚至更多。如果 GIS 开发者对各类数据的特点及适用范围没有充分的了解，就难以设计和开发出完全适用的 GIS。

在开发一个特定的 GIS 时，要根据应用需求确定对各类数据的要求。这包括确定数据的内容、格式和精度。有了特定的要求，再确定数据来源，对现有数据进行审查，看是否符合要求。如现有的数据源中没有所需的数据内容，则需考虑是否可以根据现有的其他内容的数据来产生所需的数据内容。这需要综合利用现有数据源的数据来产生新的数据内容（Gong，1994）。如果无法利用现有数据生成所需要的数据，则须对所需数据另行采集。现代的测量学（包括全球定位系统，即 GPS）、定点观测、航空和航天遥感、统计调查等均是数据采集的手段。如果现有的数据源中有所需的数据，则需考察其精度是否满足要求。若现有数据精度不够，则需考虑是否可以利用其他数据来改善所需数据的精度，否则需要采集新数据。如果现有数据源中既有所需的数据，又满足所需精度，则只需确定该数据是否具有所需的数据格式。若不符合所需的数据格式，则要进行格式转换。

上述对现有数据的审查过程归纳于图 2-1。由图中可见，对各种数据来源有全面及时的了解，对设计 GIS 来说很有必要。

随着 GIS 产业化的深入发展，越来越多的数据资料被不同数据生产部门数字化。较之传统制图生产数据资料的来源（黄杏元、汤勤，1989），用户有更多的选择。在国际上，电子数据产品的生产正不断分散于专门从事数据生产的私有企业（如美国的 ETAK 公司）和民间组织（如美国的 CIESIN）。为使数据“物尽其用”，以提高数据获取和数据生产的效益，人们不断地对现有数据进行多次开发，以满足越来越多的各类数据用户的需求，从而导致了数据的商品化和标准化。对现有数据进行再次开发常常涉及综合使用不同数据源的数据（图 2-1）。因此，如何有效地利用现有多源数据来产生新的数据产品？这将随着越来越多的数字化产品的出现而显得更加重要。

本章将对国外空间数据的类型、来源、质量及其评价方法、典型共享数据作一介绍。

2.1　空间数据的基本特征

空间数据描述的是现实世界各种现像的三大基本特征：空间、时间和专题属性。对于 GIS 来说，时间和专题特征常常被视为非空间属性，近年来对时间特征的研究越来越受到重视（Langran，1992）。特征值可通过观测或对观测值处理与运算来得到，例如在某

选定点位可获得重力测量值这一专题特征，而该点的重力异常值则是计算出来的专题特征。下面对这三种特征进行分述。

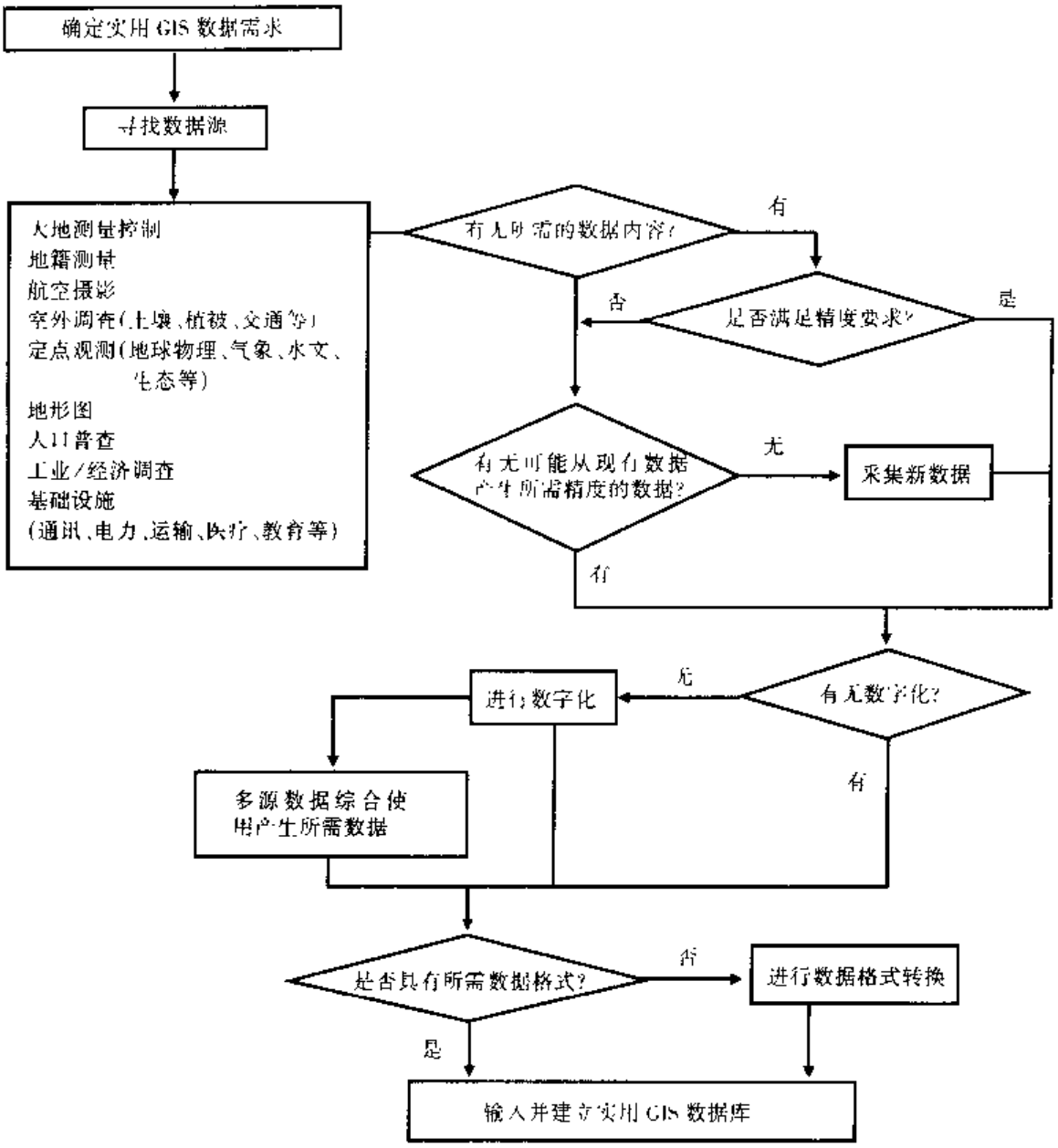


图 2-1　GIS 数据的审查过程

2.1.1　空间特征

空间特征指空间物体的位置、形状和大小等几何特征，以及与相邻物体的拓扑关系。位置和拓扑特征是地理或空间信息系统所独有的，空间位置可以由不同的坐标系统来描述，如经纬度坐标、一些标准的地图投影坐标或是任意的直角坐标等。GIS 的作用之一就是进行各种不同坐标系统坐标间的相互转换。

人类对空间目标的定位一般不是通过记忆其空间坐标，而是确定某一目标与其他更熟悉的目标间的空间位置关系，而这种关系往往也是拓扑关系。如一个学校是在哪两条路

之间，或是靠近哪个道路岔口，一块农田离哪户农家或哪条路较近等等。通过这类空间描述，可在很大程度上确定某一目标的位置，而一串纯粹的地理坐标对人的认识来说几乎没有意义。有几个人记得自己家或办公室的确切坐标？又有几个人对着坐标去上班？而对以计算机处理为主的 GIS 来说，最直接、最简单的空间定位方法是使用坐标，而拓扑关系则需要在空间坐标的基础上通过计算来建立。这类算法已很普遍，如在 Burrough（1986）、黄杏元和汤勤（1989）等的书中均有介绍。而对于如何从人类对空间、拓扑的文字描述中自动产生空间坐标这一过程则很少在 GIS 中实现，或许这将成为未来 GIS 的一个功能。

2.1.2 专题特征

专题特征指的是除了时间和空间特征以外的空间现像的其他特征，如地形的坡度、坡向、某地的年降雨量、土壤酸碱度、土地覆盖类型、人口密度、交通流量、空气污染程度等。这类特征在其他类型的信息系统中均可存储和处理。对于这类特征的空间表示方法在传统的地图制图学中有详细的阐述（Robinson，1984；李海晨，1984）。目前 GIS 中对专题特征的输出方法大多沿用传统的专题制图方法，如分级（层）设色法和符号法等。

2.1.3 时间特征

严格来说，空间数据总是在某一特定时间或时间段内采集得到或计算产生的。由于有些空间数据随时间变化相对较慢，因而有时被忽略。在很多场合，时间可以被看成一个专题特征。这对于大多数地理信息软件来说是可以做到的。但如何有效地利用时间在 GIS 中进行索引和时空分析目前仍处于研究阶段。

2.2 数据的测量尺度

对特定现象的测量就是根据一定的标准对其赋值或打分。例如，对长度我们使用尺子等测距仪器上的长度单位做参考，对方向用罗盘仪上的角度单位做参考。我们对任何事物都要鉴别、分类和命名。这些都是量测的组成部分。它们所使用的参考标准或尺度是不同的。量测的尺度大致可以分成四个层次，由粗略至详细依次为：命名或类型（Nominal）、次序（Ordinal）、间隔（Interval）以及比例（Ratio）。

命名式的测量尺度也称作类型测量尺度，只对特定现象进行标识，赋予一定的数值或符号而不定量描述。例如，我们可以用不同数值表示不同的土地利用类型、植被类型或岩石类型，但是这些数值之间无数量关系，对命名数据的逻辑运算只有“等于”或“不等于”两种形式，而其近似均值只能使用众数。很多专题地图中的数据是命名数据或类型数据。

次序测量尺度是基于对现象进行排序来标识的。例如，我们把山峰按高度分级为极高山、高山、中山、低山和丘陵等，将坡度分为陡、中、缓等。不同次序之间的间隔大小可以不同。对次序数据的逻辑运算除了“等于”与“不等于”之外，还可以比较它们的大小，即“大于”或“小于”。近似均值可以使用中位数，但不能用算术平均。

比例测量尺度的测量值指那些有真零值而且测量单位的间隔是相等的数据，如金属锌含量为“0”意为着无锌。比例测量尺度与使用的测量单位无关。间隔测量尺度相似，

但是间隔尺度的测量值无真的零值。例如温度是间隔尺度的数据而不是比例数据，因为它的“0”测量值随着所使用的不同温度测量单位而不同。不能说 150F 的温度是 75F 的温度的两倍，因为这个比例在使用摄氏单位时就改变了。相反，降水量是比例数据，因为它有真的零值。比例数据和间隔数据可用于加、减、乘、除等运算，而且可以求算术平均。比例数据或间隔数据可以比较容易地被转变成次序或命名数据。如在地图制作过程中经常将比例或间隔测量值进行分类，将其转化为次序或命名数据，对遥感影像数据进行土地利用/土地覆盖分类就是将比例数据转化成命名数据，即通过分类将一组数据综合或简化到不同的组别。分类是一个将数据综合或简化的处理过程。相反，命名数据则很难被转化成次序、间隔数据或比例数据。

由此可知，尽管命名数据或次序数据便于使用，易于理解，但有时不够精确，不能用于较高级的算术运算。而比例数据或间隔数据比较精确，便于计算机处理，但是在较复杂的 GIS 应用中，往往上述几种测量尺度的数据均需用到。当同时使用上述各类数据时，一般的算术计算方法就不再适用了，因而我们提出研究能同时综合使用各种测量尺度数据的方法。由于不同测量尺度的数据多半来自不同的渠道，我们称这种算法为多源数据的综合算法（Gong，1994；1996）。

2.3 数据来源

数据源可以大致分为原始数据（第一手数据）或处理加工后的数据（第二手数据），又可将数据源分为非电子数据和电子数据两类。大多数 GIS 中的数据是第二手数据，当然它们都是电子数据。第二手数据主要包括地图、图书和图像等（Bonham—Carter，1994）。

表 2-1 列出了第一手数据和第二手数据的来源。从表中可以看出，GIS 最终提供给用户的一般是经过地理编码后第二手的电子数据库或由此制作出来的图件。

表 2-1 不同数据种类及其来源

项目	第一手数据	第二手数据
非电子数据	野外测量	地图
	笔记	统计图表
	航空像片	
	人口普查	
	工程测量	
电子数据	全站仪、全球定位系统数据	数据库
	地球物理、化学数据	
	遥感数据	

熟悉传统测量的人知道野外测量需要使用三脚架、标尺、罗盘、平板仪、坡度仪、皮尺等工具，测量结果往往需要记录在纸上。以全球定位仪、激光测距仪、全站仪等为代表的现代测量工具正逐步取代这些传统的测量仪器。全球定位仪和激光测距仪、全站仪等可直接与数据记录仪连接，将所测得的大量位置、距离和方位数据贮存在数据记录仪内，也可直接存贮在便携计算机的硬盘上。CAD 这类廉价图形软件和数据库软件，可以使野

外测量基本达到电子数据化。例如，Trimble 公司生产的 GPS 接收机 PRO－XL 或 Explorer 与该公司生产的 Pfinder 软件配合使用，用一台 GPS 接收机和一台便携式计算机便可达到定位、属性数据贮存、数据图形显示等目的。PRO－XL 还配置一台小型数据记录仪兼具 GPS 操作功能，该数据记录仪可以同时记录由激光测距仪、全站仪等外接装置传来的数据，这使第一手数据的获取大大简化。

第一手数据资料经解译、编辑和处理后，就变成第二手数据，这类数据包括地图、表格、书和杂志中的地理编码数据。越来越多的第二手资料被数字化后输入各种 GIS 中。因此在共享 GIS 数据时，建立空间数据的标准至关重要，数据标准不仅与数据交换格式有关，也与数据模型和结构有关。

对于模型简单、概念明确的空间数据，其数据标准较容易确定，如基于定点观测的数据有土地调查数据、地球化学、地球物理、水文、气象、海洋浮标观测等，许多数据指标都已建立了固定的测量步骤和数据格式。又如，卫星遥感影像数据都建立了统一的数据标准，一些航空遥感数据采用了工业图像存贮的标准，如 TIFF，JPEG 等格式。

当数据类型的抽象层次提高时，制定数据标准的难度就会相应地提高。如土地覆盖、植被类型、地貌类型等空间数据的抽象程度不如土地利用、生态类型和地质类型等数据的抽象程度高。又如生态类型的确立是建立在气候、植被、地貌、土壤等因子的基础上，地质是以岩性、构造、地球物理和化学因素等为基础的，要建立生态类型或地质类型等的数据标准必须先建立起它们基础数据的标准。

空间数据从原始数据经过处理加工变为第二手数据，某些第二手数据可能又经许多变换、概括组合、合成、抽象等步骤派生成更多类型的数据，要将这些过程标准化，困难更大。要充分、有效地利用任何数据都应对其产生和加工处理的过程有足够的了解。那些描述数据的产生和每一步加工过程的资料称为无数据，对无数据进行标准化更加困难。现有空间数据的无数据资料很少。

2.4 地图投影

空间数据库的一个重要内容是地图投影，只有确定了各类投影数据，才能将各种空间数据转换到统一的地理坐标系之中，以便于综合应用。

平面坐标是依据一定的投影而得到的。尽管在 GIS 中使用地理坐标来描述客观现象的位置是可能的，但最终对各类现象的显示还需要通过纸、胶片、屏幕等媒体来实现。为了避免在球面坐标和投影坐标之间转来转去，大多数 GIS 数据库按投影坐标贮存数据。下面对坐标体系、地球的形状、投影变形等加以说明（Sundor，1987；吴忠性等，1987）。

2.4.1 地理坐标

地表空间实体的位置按严格的数学定义表达成地理坐标（球面坐标）或平面坐标。地理坐标以经度和纬度表达。连接地球表面任一点和南极（S）、北极（N）的线称作经线（图 2-2）。人们把经过英国格林尼治天文台的经线定义为 0°，该经线以东 180° 内称东经，以西 180° 以内称西经。经过任一点 P 的经线与 0° 经线在赤道平面上构成夹角的度数即为该经线的经度。纬度可以近似地定义为 OP 与赤道平面的夹角。O 是地球南北极连

线的中点，即所谓地心。赤道平面是通过 O 与 NS 垂直的平面，赤道平面与地球表面的交线称赤道。P’ 是通过 P 的经线与赤道的交点。纬度的严格定义是 P 点法线方向与赤道平面之夹角。由于纬度以赤道始算至南北两极，所以纬度有南纬、北纬之分。

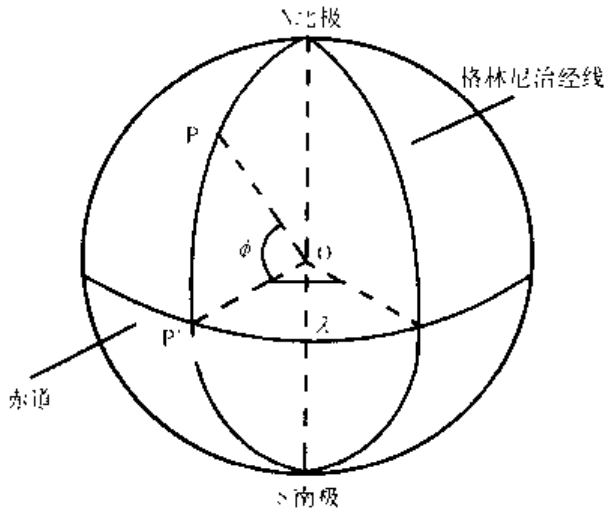


图 2-2　地理坐标经纬度示意图

2.4.2　地球的形状

为了从数学上定义地图投影，必须建立一个地球表面的几何模型。这个模型由地球的形状决定。如前所述，较为接近地球形状的几何模型是椭球体，它由一个椭圆绕其短轴旋转而成。地球的短半径即是由地心到南极或北极，其长度比地球的长半轴大约短 1/298，例如，1984 世界大地坐标系统（WGS84）使用的椭球长短半轴长度分别为 6 378 137.0m 和 6 356 752.3m。

2.4.3　投影类型

球面或椭球面地球几何模型可以被投影到许多种表面上，常用的有平面、柱面和锥面。各种表面又可与地球模型相切或相割，柱面和锥面均可展为平面。理解地图投影的概念可以想象在地球内有一个灯泡，灯泡的光线照射到地球上的各个点，投影到套在地球上的各种形状（圆锥、圆柱或平面型）的纸上，将这张纸裁开以后便成了平面地图。

（1）方位投影　用平面与地球模型相切或相割而将球面或椭球面上的点转换到平面上的投影叫方位投影。例如，一个常用的方位投影是球极等角方位投影。

（2）圆锥投影　将球面或椭球面上的点置换到锥面上的投影叫圆锥投影。

（3）圆柱投影　将球面或椭球面上的点转换到柱面上的投影叫圆柱投影，常见的墨卡托投影是圆柱投影。

一个较常用的圆柱投影是由国际大地测量和地球物理联合会于 1936 年制定的横轴墨卡托投影。它将全球按经度分为 60 个 6° 条带，而纬度在北纬 84° 和南纬 80° 之间。这种投影被世界许多国家广泛地用于各种比例尺的地形图制图。

2.4.4 地表的垂直和水平基准面

地球上除了地形起伏的陆地表面以外，海洋表面也起伏不断，没有常态。要在地球表面定义坐标体系，首先要定义参考标准（Datum），即有恒定高程坐标值的表面。在测量学中使用两种参考表面：一种是垂直的，另一种是水平的基准面（Wells et al，1986）。一般以最近似平均海平面的地球重力等势面作为高度为零的大地水准面（Geoid）（图 2-3）。以大地水准面为参考测量得到的高度 H 被用于地形制图，它是一种正射（视）高度。如果将大地水准面换成一个椭球面，人们也可以计算一个几何高度 h 或称为以椭球面为参考的高度。这种高度实际上很少使用。$H-h$ 即是大地水准面和椭球面在基点的高度差，就全球而言，大地水准面与对大地水准面拟合最好的椭球面之间的高度差几乎在所有的地方都小于 100m。尽管椭球面不被用于测量高度，它却被广泛用作经纬网测量的参考面，因此它被称为水平基准面。

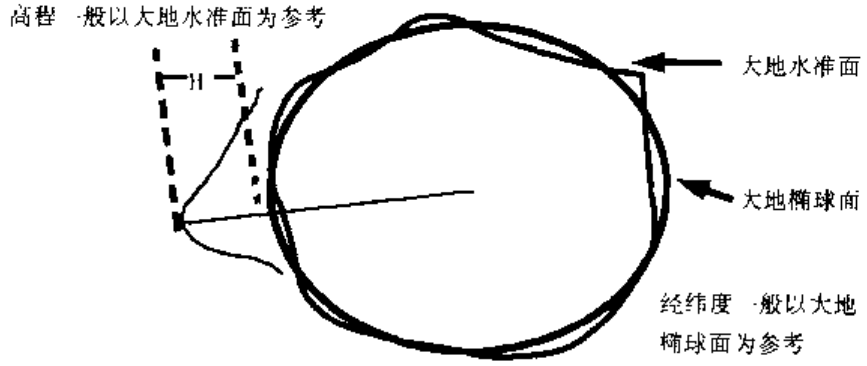


图 2-3 基于地球等势面的大地水准面与大地椭球面

2.5 全球定位系统

美国海军和空军从 20 世纪 60 年代开始筹划，从 1973 年开始实施并于 90 年代初完成了 NAVSTAR（NAVigation Satellite Time And Ranging）GPS 全球定位系统（Global Positioning System）。GPS 有 3 个组成部分：卫星、控制系统和用户，现有 24 颗卫星在距离地面大约 20 183km 轨道高度上以每日绕地两周的周期运行着。6 条轨道接轨道面夹角 60° 间距分开。每条轨道与赤道面的交角为 55°。每条轨道上有 4 颗卫星。

每颗卫星发射两种频率的无线电波用于定位。第一频率 $L1$，位于 1 575.42MHz；第二频率 $L2$，位于 1 227.6MHz；而载波频率由两种伪码［Pseudo－Random Noise（PRN）Code］和一条导航消息调制而成，载波频率及其调制由星上原子钟控制。

GPS 控制系统由设在印度洋的 Diego Garcia，大西洋的 Ascencion，太平洋的 Kwajalein 和夏威夷以及美国本上的 Colorado SPrings 五个监测站组成。Colorado SPrings 站为监测总站。卫星监测站的功能是监测卫星运行状况，确定其轨道和星上原子钟的工作状态，传送需要传播的信息到各卫星上。

GPS 用户使用适当的接收机下载卫星信号码及载波相位并提取传播的消息。将下载

接收到的卫星信息码与接收机产生的复制码匹配比较，便可确定接收机至卫星的距离。如果计算出 4 颗或更多卫星到接收机的距离，再与卫星位置相结合，便可确定 GPS 接收机天线所在的三维地心坐标（以 WGS84 为标准的椭球面坐标）。若用于高精度的大地测量，则需记录并处理载波或信息波的相位数据。

2.5.1 卫星如何测距

GPS 接收机到某一颗卫星的距离可以由测量卫星无线电信号到达接收机的时间来确定（Trimble Navigation Ltd，1994）。为了确定该时间间隔，某一卫星和接收机必须同时产生一种伪码（PRN），当接收机收到从卫星上传来的伪码时将它与接收机自己产生的伪码相比较（图 2-4），所得时间延迟即为信号传播时间。

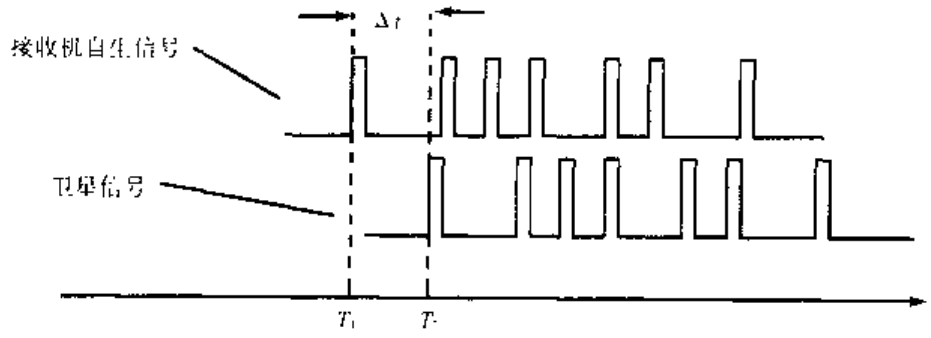


图 2-4 确定卫星信号到达 GPS 接收机的距离

卫星到 GPS 接收机的距离 $R=c \cdot \Delta t$ （c 为光速）

对不同卫星使用不同的 PRN 伪码，所以一台接收机可以随时比较来自几颗不同卫星的伪码，以确定与它们的距离 R。

2.5.2 GPS 接收机如何与卫星同步产生伪码

在理想情况下，卫星信号从一颗卫星到达接收机的时间只能决定该卫星离接收机的距离，但并不能决定接收机相对于卫星的方向，所以 GPS 接收机的可能位置构成一个球面。当测到距两颗卫星的距离时，接收机的可能位置被确定于由两个球面相交构成的一个圆环上。当测到距三颗卫星的距离时，第三个球面与圆环相交得两个可能的点。接收机的准确位置由第四颗卫星确定。当有到更多卫星的距离时，可以从中挑选四颗与接收机几何位置较好的来计算接收机的位置；当然也可使用最小二乘法求解。

但是由于接收机时钟不如卫星上的原子钟精确，所以接收机与卫星在发射伪码时可能不同步，这时前面描述的求解办法需要进行时间校准。下面以确定二维坐标为例对校正伪码发射时间不同步作一解释（图 2-5），如果接收机时钟比卫星时钟快 Δt，则由三颗卫星得不到接收机的二维位置。当接收机接收到一系列的距离但它们不交汇于同点时，接收机里的计算机便开始逐步减短（或增长）各卫星伪码到达接收机的时间直到找到唯一点为止，这个缩短（或增加）的时间便是 Δt。由此可见，欲得到三维坐标需要使用第四颗卫星。

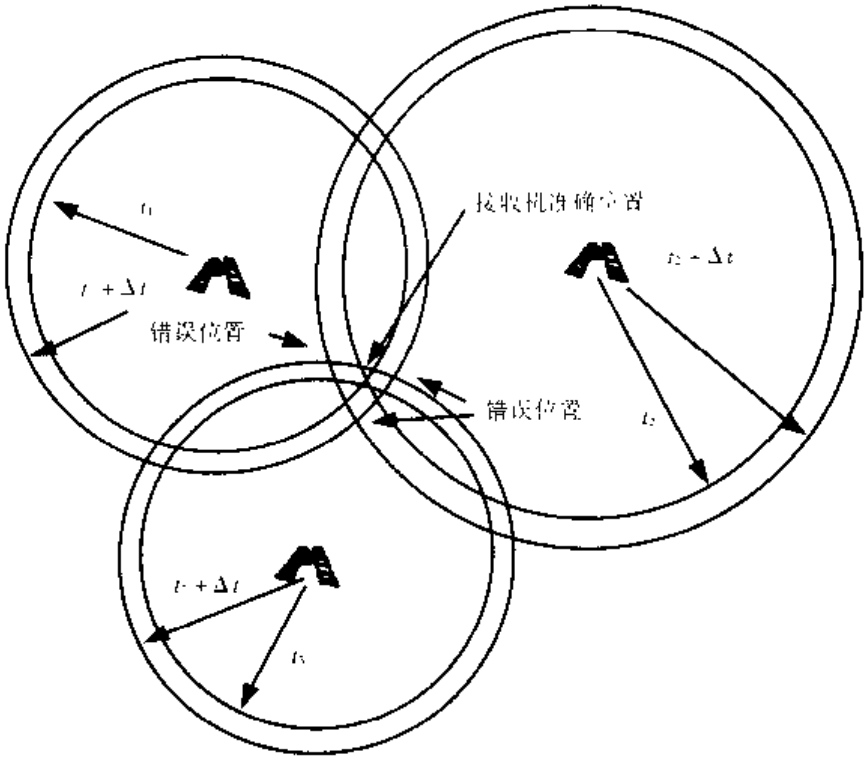


图 2-5　接收机时钟校准原理

2.5.3　GPS 的误差与微分纠正

GPS 接收机的一些误差很难消除，例如在计算距离时把信号传输速度视为恒定的光速，事实上信号穿过离地面大约 130～190km 处的电离层和地表对流层时会减慢速度，结果导致距离不准。卫星电子钟和卫星轨道可能会出现很小误差，但是对于这种误差美国国防部可从监测站进行修正。另外，由其他目标反射的卫星信号会引起干扰而导致误差。而最严重的误差则是由美国国防部人为降低信号质量而造成的，这种误差可高达 100m，但是它可以经过微分纠正来消除。

微分纠正是通过使用两个或更多 GPS 接收机完成的，在某一已知位置，如测量控制点，安置一台接收机作为基站接收卫星信号，然后在其他位置用另一台接收机接收卫星信号。由于在已知位置的基点可以确定卫星信号中包含的人为误差，处理另一台接收机信号时，从两台接收机同时收到的卫星信号中减去人为干扰信号，便可以大大减低 GPS 定位误差。要想得到精确的微分纠正，必须有精确的基站位置。一般微分纠正可以通过两种渠道实现：实时法和后处理法。实时法是通过在基站播送各卫星的误差到其他 GPS 接收机，其它接收机在计算位置时将误差剔除，这需要一套专门无线电收发装置。后处理法要求基站接收机和其他接收机分别贮存卫星信号，待完成野外测量后再进行微分纠正。如果基站和野外测量用的 GPS 接收机距离在 100km 范围内，普通 8 通道以上的接收机微分纠正后可达到 2～5m 的定位精度。而不经过微分纠正，只要在观测点按一定频率（每秒或每 5 秒）接收较长时间的信号（如 3 分钟以上），则一般可以得到 20m 以内精度。若使用双频率（*L*1 和 *L*2）大地测量用 GPS 接收机经微分纠正，定点精度可达毫米级。一般 GPS 接

收机输出经纬度和高度，也可以输出横轴墨卡托投影坐标

除了 NAVSTAR GPS 之外，还有一系列的其他卫星定位系统，如美国军用的 Transit 和俄国的 GLONASS，欧洲空间局发展了 NAVSAT，美国也开发了商用 GEOSTAR 等，这里不一一介绍。

2.6 航空像片

航空像片以及其他遥感影像，除了自身可以作为 GIS 原始数据被用于一般性参考、粗略判读和量算之外，还可以通过各种进一步的处理、解译和计算机辅助信息提取而获得大量的第二手空间数据。图 2-6 列出了航空像片的获取、处理和一些常见的应用。

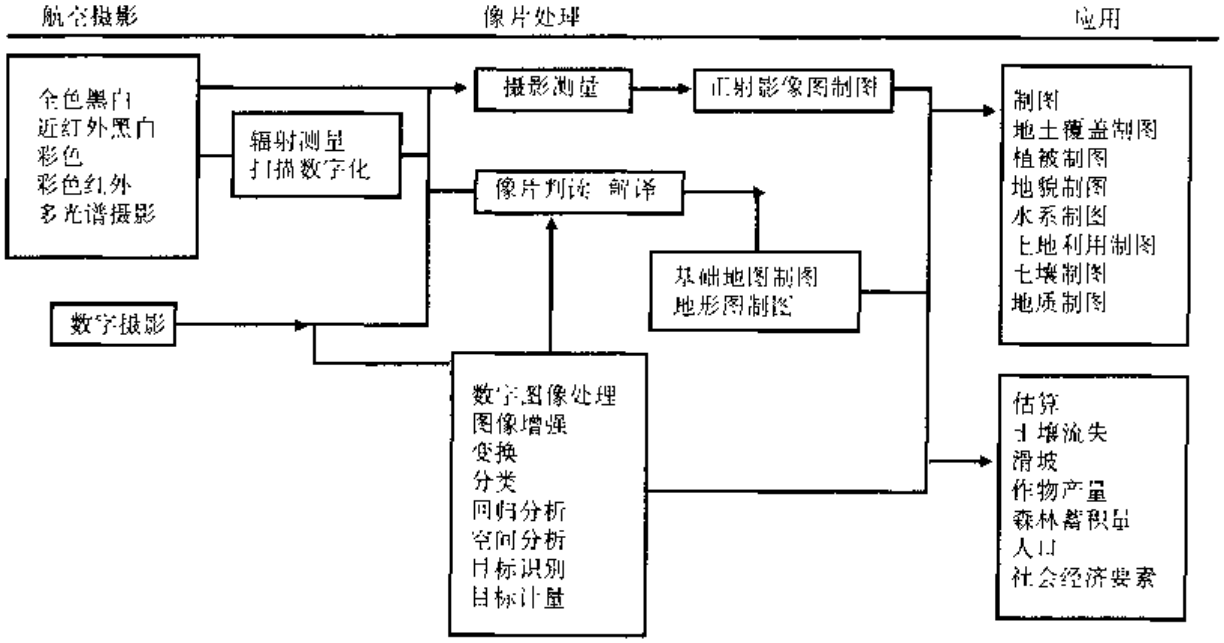


图 2-6 航空像片的获取、处理和一些常见的应用

2.6.1 航空摄影胶片的特性

每种摄影胶片或相纸的感光面由一层或多层感光材料构成，感光材料都是以碘化银等配成的化合物，彩色胶片或相纸还混有染料。任何胶片或相纸的特性由三个指标来描述：光谱敏感曲线（Spectral Sensitivity Curve）、感光强度曲线（Characteristic Curve）和分辨率。光谱敏感曲线描述胶片或相纸对不同光谱范围的敏感程度，感光强度曲线描述胶片或相纸的速度，一般来说速度快的胶片或相纸产生反差大的影像，速度慢的胶片或相纸摄影分辨率较高。胶片或相纸的分辨率由每毫米能够区分的黑白线对数来反映，由于它受相机镜头光学特性的影响，难于被单独地确定，一般考虑整个相机系统的摄影分辨率。航测相机的摄影分辨率在 40～100 线对或更高。

2.6.2 航空摄影

航空摄影一般采用专门航测飞机，如需要特定波段的光谱影像，可结合使用滤色片

和具有特定光谱敏感范围的胶片，这样可以获得光谱分辨率高于 20nm 的航空影像。这对某些专题信息的提取很有意义，例如植物叶绿素在 680nm 到 700nm 波段内对光线的吸收最强，利用这一波段的影像可以估算不同植物或植物在不同健康程度下的叶绿素含量。

航空摄影可分为垂直摄影和倾斜摄影两种，倾斜摄影可以覆盖较大区域但不便于量算长度和面积，而且图像质量相差较大，因而一般航空摄影使用垂直摄影。摄影机镜头中心垂直于聚焦平面（胶片平面）的连线叫相机的主轴线。航测上规定当主轴线与铅垂线方向的夹角小于 3° 时为垂直摄影。若地面平坦，垂直摄影所得影像的比例尺大致是一个常数。但如地面有起伏则垂直摄影像片的比例尺随地面起伏而变化（图 2-7），某点在航空像片上的比例尺如图 2-7 所示，其中 H 是相机海拔高度，h 是该点的高程，f 是相机镜头焦距。

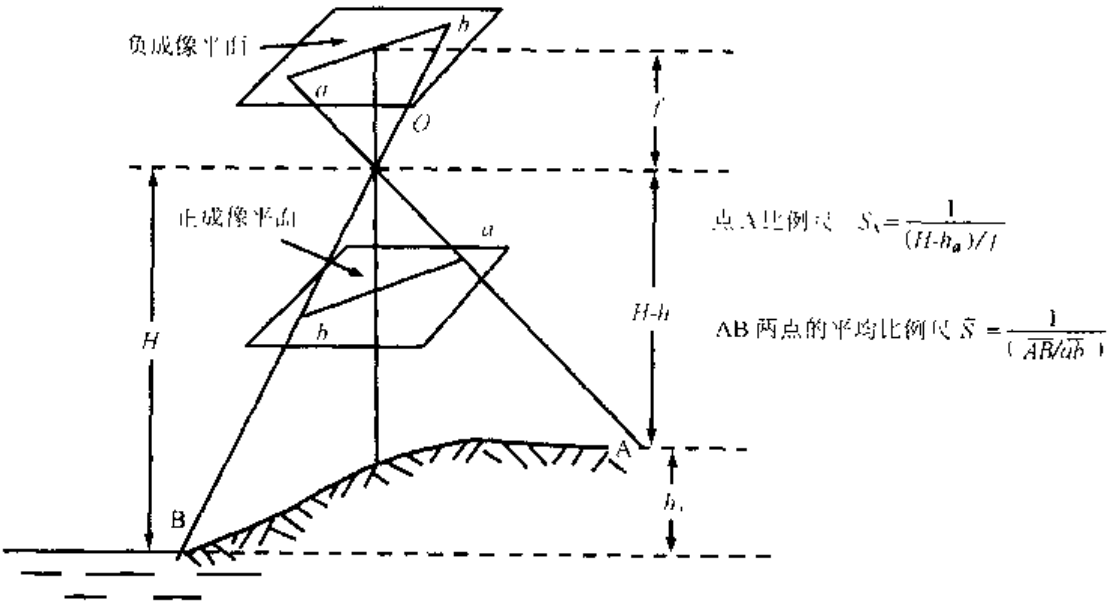


图 2-7　航空像片上的点比例尺和平均比例尺

航空像片的平均比例尺可以从几个点的比例尺平均而来，也可以从两个点的地面距离和相对应的像片距离计算得到（图 2-7）。

整幅像片的平均比例尺一般沿像片对角线方向选两条线计算，再取它们的平均（陈钦峦等，1989）。有了航空像片比例尺，便可以大约地从航空像片上计算长度和面积。例如像片上两点的距离为 l，比例尺为 S，则该两点的地面距离可近似为 $L=l/S$。如像片上测得的面积为 a，则相应的地面面积为 $A=a/S^2$。这些计算方法在地势较平坦的地区较精确，当地形起伏较大时，误差就会大些。

在对某一地区进行航空摄影时，有两种摄影覆盖方式：立体覆盖和非立体覆盖。立体覆盖即是对感兴趣地区的任一点至少有两张从不同角度拍摄的像片覆盖。而非立体覆盖对任一点只有一张像片记录了该点即可。航测上对立体覆盖的要求是当飞机沿一条航线飞行时相机拍摄的任意相邻两张航片的相互重叠应保持 55%～65%，在相邻航线上的两张邻近像片的旁向重叠应保持在 30%（如图 2-8）。

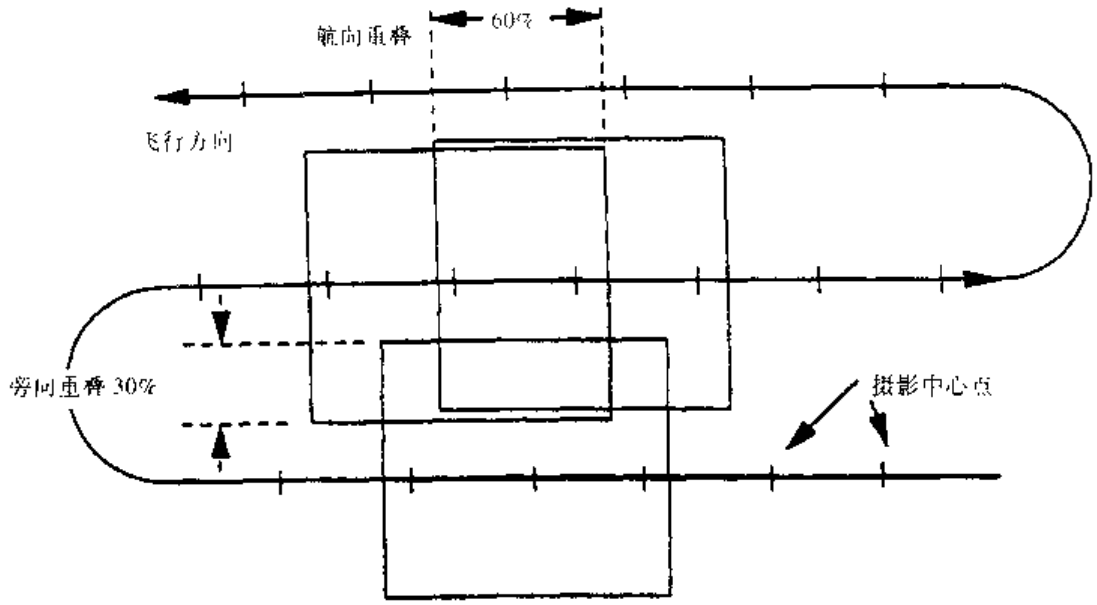


图 2-8　航空摄影的立体覆盖方式

2.6.3　垂直摄影像片的几何性质

如图 2-9 示，由对边框标的联线相交的点，是像片的几何中心，该点一般与主光轴相交于像片的像主点 P，但对于普通相机，这两点一般不相吻合。通过镜头中心的铅垂线与像片相交的点 N 称为像底点，主光轴 OP 与通过像底点的铅垂线 ON 的夹角等分线与像片相交的点互称为等角点。当像片倾斜时，像点沿等角点方向产生位移。当航空像片由垂直摄影获得时，P、I、N 三点合一。如何计算并消除倾斜位移？请参考陈钦峦等（1989）、李德仁和郑肇葆（1992）。

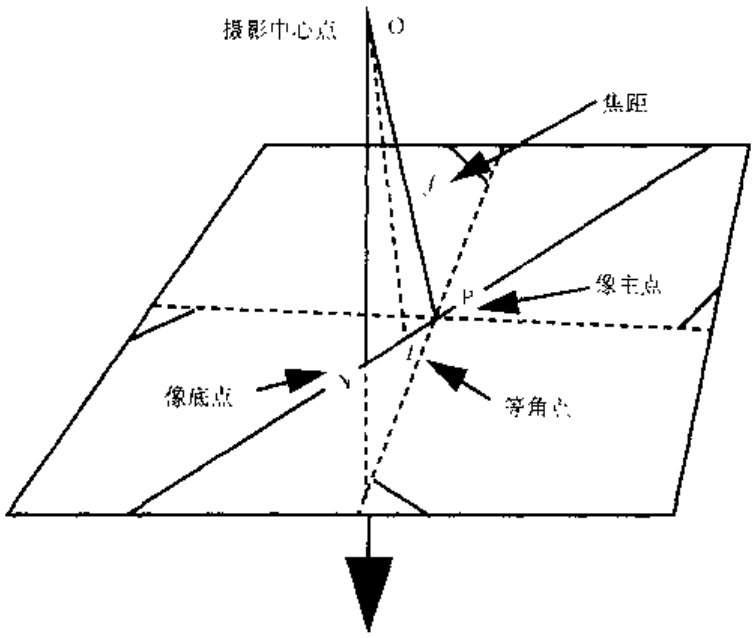


图 2-9　航空像片的像主点、像底点和等角点

从图 2-10 可以看出，对于给定高度 h_a 的物体，离像底点越远（即 na。越大）则像点 a 的位移越大。可见相同地形起伏，当在像片边缘时位移较大，因而会引起较大的变形，在计算方向、长度和面积时会引起较大的误差。要消除这类误差，需要知道地表物体的高度。当地面水平且地物垂直于地面时，可以使用图 2-10 中的公式计算地物的高度。否则，可从现有的地形图、数字地形高程模型等得到，但这类高程一般最初是从航测像对上计算得到的。

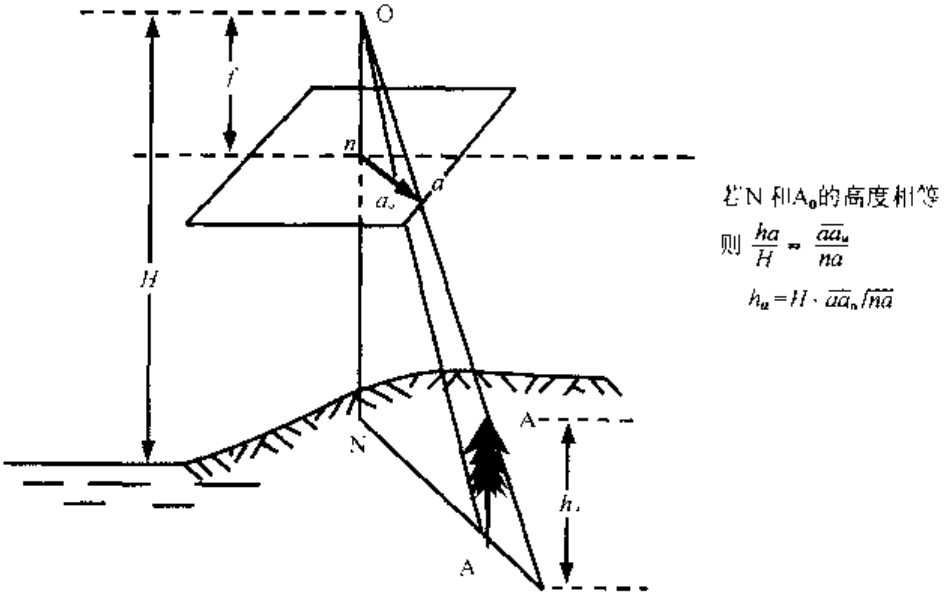


图 2-10　垂直航空像片上因起伏引起的像点移位和利用单航空像片计算垂直高度的方法

2.6.4　正射影像

第 2.6.3 节中指出，由于像片倾斜和地表起伏而引起航空像片像点位移，使像片比例尺随位置变化而变化。航空像片可以通过光学处理来改正像点移位。仅消除了由于像片倾斜所造成的像点位移的航空像片被称为纠正后的航空像片。若把纠正后的航空像片上由地面起伏所造成的像点移位也消除了，则该航空像片就成为正射航空像片。正射航空像片就像在机械制图中制作的三视图（前视，侧视和顶视）一样，整幅图具有恒定的比例尺。普通航空像片是由中心投影得到的（图 2-11），而正射影像如同用平行光将地面景物投影到像片上再加以缩小而得到（图 2-11）的一样。用普通航空像片产生正射影像传统上使用正射投影仪来实现，现在也可以用数字图像处理的方法实现。产生正射影像需要普通航空像片透明正片或负片和对应于像片区域的地面高程数据。地面高程也可以通过立体像对生成。正射投影仪一般是根据微分纠正原理制成的。现代航空摄影测量方法正向数字摄影测量方向转变。航测数字影像目前可以有两种方式获得：一是用高精度扫描仪对航空像片扫描得到数字影像；二是用数字摄影机直接得到数字影像（张祖勋和张剑清，1996）。

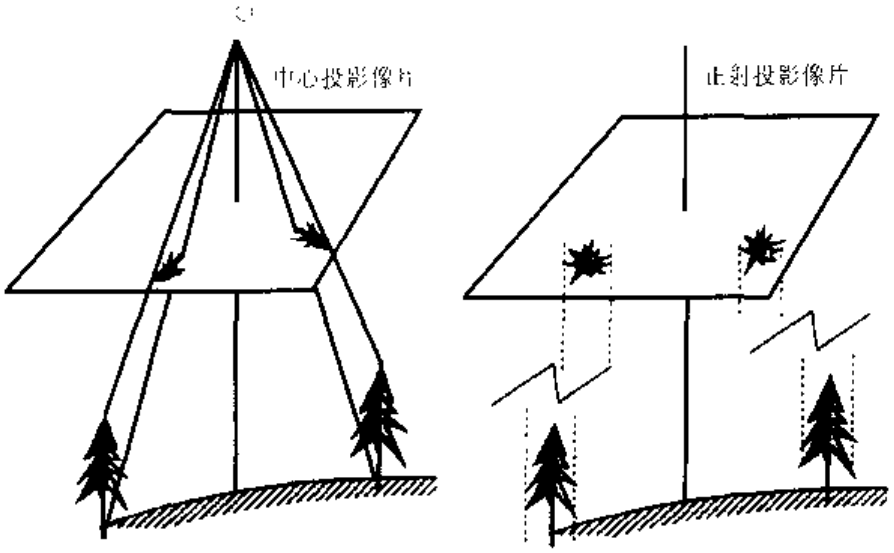


图 2-11　中心投影与正射投影的区别

数字照相机中的胶片由感光电子器件所取代，这样，相机的光谱敏感范围得到加宽，辐射能量的量化精度得以提高，而且所得的航空摄影图像可以直接输入计算机进行数字图像处理，节省了常规相机使用的胶片及其化学处理晒像、扫描等工序。数字相机的造价也比较便宜（300～100 000 美元），目前数字相机的分辨率和像幅尺寸仅可达到传统航测相机的 1/9～1／4。相应的数据传输和软件处理技术还不够完善。随着电子技术的迅速发展，这一缺陷很快会被改变。对目前数字相机的一些性能指标可参阅宫鹏等（1996）。加拿大卡尔加里大学利用 GPS 技术和惯性导航技术与数字摄影技术的集成研制成功一种道路数据测量车（李荣兴，1996）。卡尔加里大学与加州大学合作正在把这种技术安装在飞机平台上进行调试（Mostafa et al.，1997）。

2.7　遥感数据

上节简单介绍了航空摄影和航空像片的一些特点，航空像片是一种特殊而又应用最广泛的遥感数据。本节将航空像片与非摄影遥感数据列表进行比较，然后再进一步介绍各类遥感数据的特点。较之野外测量或野外观测，遥感数据有下列优点：

（1）增大了观测范围。

（2）能够提供大范围的瞬间静态图像。这一点对动态变化的现象非常重要，例如可根据一系列在不同时间获得的洪泛区图像研究洪水在大面积范围内的变化，这一点靠野外测量的方法很难做到，因为当我们从一点到达另一点的时候所观测的洪水趋势已与上一点的观测时间不同，所以得不到一个大范围的瞬息静态图像。

（3）能够进行大面积重复性观测，即使是人类难以到达的偏远地区也能够做到这一点。特别是在卫星平台上可以周期性地获取某地区的遥感数据。

（4）大大加宽了人眼所能观察的光谱范围。人眼敏感的光谱范围大致在 0.4μm 到 0.7μm 波长之间，而摄影胶片的敏感范围为 0.3～0.9μm，使人眼的光谱视域加宽到原来看

不到的紫外和近红外波段。利用其他对电磁波敏感的器件，可以使光谱范围增大到从 X 射线（波长为 0.1nm 级）到微波（波长在数十厘米）。其中对温度敏感的热红外传感器可以不受昼夜限制对不同物体的温度成像（光谱范围 10.4～12.4μm）。而利用微波技术制成的雷达则不仅不受制于昼夜的光照条件，而且可以穿透云层从而达到全天候的成像能力。

（5）空间详细程度高。航空像片的空间分辨率可高达厘米级甚至毫米级，在野外实地观察，人眼往往难于注意到这样的空间细节，从上一节中也可看出航空像片经过纠正后几何精度很高，几乎所有像点都有较高几何精度，这也是野外实地测量达不到的。商用卫星遥感数据的空间分辨率也将达到 80cm 左右，而数字航空摄影或利用其它航空传感器也可以达到 10～30cm 的空间分辨率。

非摄影遥感数据与航空像片资料相比又有哪些特点呢？我们用表 2-2 作一归纳。

表 2-2　非摄影遥感与航空像片资料的比较

项目	航空像片	航空遥感	卫星遥感
传感器	照相机	多光谱扫描仪	同左
		热红外扫描仪	
		雷达	
数据载体	胶片、像片	磁带、硬盘、光盘、胶片、像片	磁带、硬盘、光盘、胶片、像片
光谱敏感范围	0.3～0.9nm	0.1nm～1m	0.1nm～1m
光谱分辨率	≥50nm	一般大于 3nm	一般大于 3nm
光谱波段数	1～3	1～288	1～384
空间分辨率	可达毫米级	20cm～20m	最高可达 0.82m
单幅影像覆盖范围	400m×400m	一般大于 20km×20km	6km×6km
	20km×20km		至整个半球
对光照条件的要求	10:00～14:00 地方时	当光谱小于 1mm 时	同左
		日出至日落间	
		3～16mm 时	
		昼夜均可、受云影响	
		微波雷达可全天候	
对天气条件的要求	风暴天不宜	风暴天不宜	操作于大气层外
		阴雨天对雷达无妨	不受天气条件影响
数据获取频率	受制于光照和天气条件	受天气条件限制	30 分钟至 26 天
对辐射能量量化的难易程度	难	易	易
投影方式	中心投影	多中心、多条带	多中心、多条带
几何质量	高	低	低

从表 2-2 可以看出非摄影数据较航空像片易于数字化存贮和处理，光谱敏感范围大大加宽，光谱分辨率提高，光谱波段大为增高，光谱分辨率高有助于区分不同物质间细微的光谱辐射差异。光谱波段增多可增多光谱信息含量。拥有数十个以上较连续的光谱波段，而且光谱分辨率较高的传感器称为成像光谱仪。因为这类仪器获取的图像上每一点都可以制成光谱曲线加以分析（图 2-12）。但这类传感器也增加了数据容量，从而增加了存贮和

处理的难度。获取非摄影数据不需航空摄影那样严格的光照和天气条件。详细的电磁辐射量化、程度有助于区分同一波段内的细微辐射程度。卫星遥感一般在覆盖范围方面又远远大于航空遥感，并且其周而复始的轨道周期性使获取数据更容易。但由于一幅遥感影像由许多中心投影构成，其几何质量不如航空像片，纠正起来也更困难，所以若用于制作较大比例尺的地图，不一定能够满足地图的几何精度。

表中数值范围不能随意组合，如卫星遥感空间分辨率可高达 0.82m，而光谱波段可达 384 个，并不意味着有 384 个波段的传感器，其空间分辨率为 0.82m，事实上有 0.82m 空间分辨率的卫星影像只有一个波段。而 384 波段的传感器空间分辨率为 15m，欲知每个卫星传感器的详细资料可参阅宫鹏等（1996）或向数据生产商及其代理索要。

数值范围均是估算出来的，实际范围可能略有出入。

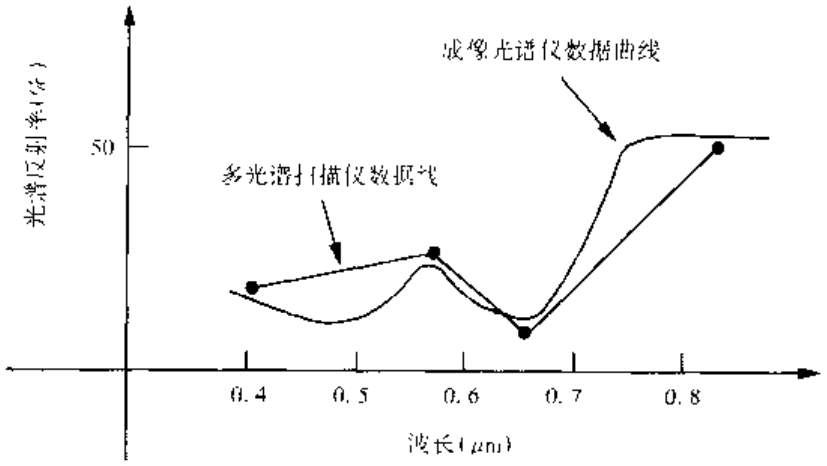


图 2-12　成像光谱仪数据与陆地卫星多光谱

遥感中常使用的电磁辐射能的光谱范围如图 2-13 所示。照相机和一般的多光谱传感器仅限于紫外至短波红外的范围。只有比较昂贵的热红外传感器和雷达使用长于该范围的光谱波长。其中可见光和近红外较适合于植被分类和制图，短波红外里的 1.5～1.8μm 较适合估测植物水分，2.3～2.4μm 较适合岩性识别，热红外适于温度探测，而雷达图像较适于测量地面起伏和对多云地区进行制图。在微波范围也有微波辐射计等传感器，适于土壤水分制图和冰雪探测，但这类传感器分辨率低，大多被用于气候和水文研究。

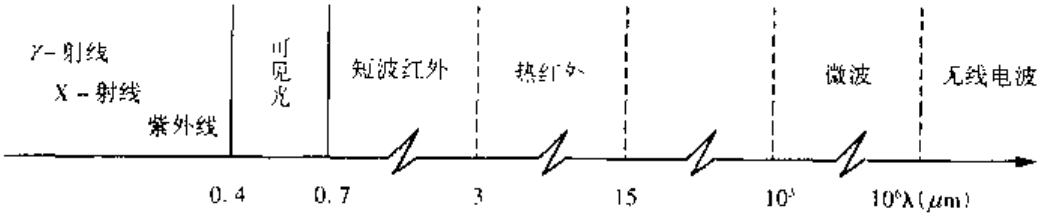


图 2-13　电磁波谱不同波长的分段命名

2.7.1 遥感图像的空间分辨率

航空像片比例尺反映航空像片上对地物记录的详细程度，数字遥感资料则靠空间分辨率来表示，10m 分辨率较 100m 分辨率的遥感影像记录着更为详细的空间信息。一般传感器的空间分辨率由其瞬时视场的大小决定，即由传感器内的感光探测器单元在一特定的瞬间从一定空间范围内能接收到一定强度的能量而定，但一般使用其名义分辨率。它通过下式得到：

名义分辨率＝图像某行对应于地面的实际距离 / 该行的像元数

雷达是一种自身发射电磁能又回收这种能量的主动式系统，它又分为真实孔径雷达和合成孔径雷达。由于真实孔径雷达需要很长的天线才可达到较高的雷达图像分辨率，现在基本上采用合成孔径雷达。这种雷达不受实际天线长度的限制，而是运用多普勒原理达到较长天线的效果。雷达图像有两种分辨率：一种是由其发送信号脉冲持续的时间和信号传播方向与地面的夹角决定的，称为距离分辨率。该方向与飞行方向的地面轨迹在平面上几乎垂直。当雷达信号向其飞行地底线方向传播信号时，这种分辨率达到无穷大。而在雷达侧视方向随着信号偏离地底线的角度的增高距离分辨率不断改善，所以雷达图像都是在侧视方向得到的，这种成像雷达称为侧视雷达。雷达与利用声波进行海底测深的声纳系统操作原理接近。另一种分辨率是由雷达波束的宽度和地物离飞行底线的距离决定的，而波束宽度又与雷达波长成正比，与天线的长度成反比，这种分辨率被称为方位分辨率。该分辨率量测的是沿平行于飞行底线方向的分辨能力，有趣的是方位分辨率随着地物离雷达的地面距离的增加而降低，而距离分辨率则随地物离雷达的地面距离增加而提高。

2.7.2 扫描式传感器所获图像的几何特性

扫描式传感器与垂直摄影和倾斜摄影的几何特性如图 2-14 所示。从图 2-14 中可以看出中心投影与多条带中心投影的区别，水平面上的直线在扫描传感器所得到的图像上会变形，而且任何垂直于平面的物体都在图像上沿垂直于飞行方向向远处移位。这一特点使得不同飞行方向对在林区或高层建筑区获取多光谱扫描图像有不同的影响。当飞行方向与太阳方位平行时，所得图像上森林或高层建筑的阴影可得到均衡分布，即一颗树或一座楼房阴阳面的影像均可得到，这是比较理想的情况。而当飞行方向与太阳方位垂直时，会得到具有阴阳两个条带的图像，即在飞行底线的一侧物体影像基本来自阳面，而在另一侧则基本来自阴面，这会增加对物体的识别难度。对具有垂直中心投影的航空像片来说，飞行方向与太阳方位无关。

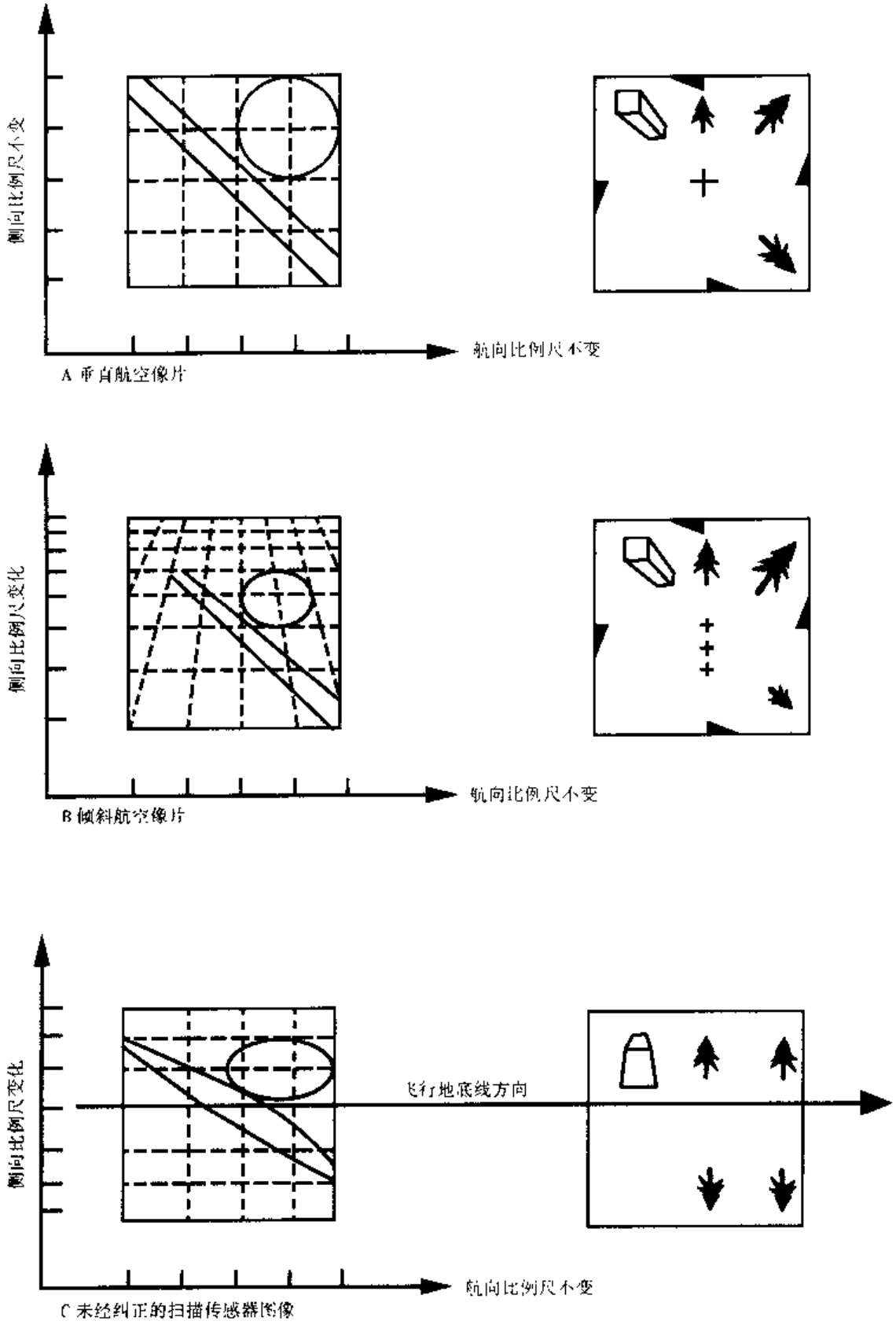


图 2-14　垂直摄影、倾斜摄影和扫描式传感器的几何特性

2.7.3 侧视雷达图像的几何特性

侧视雷达图像在航向的变形，即同样大小的物体随离飞行底线距离的增加而变小，与倾斜航空像片类似。但是其与飞行底线垂直方向上的变形则较复杂，在无起伏的平原地区，同样大小的地物离雷达的距离越近其在图像上的尺寸愈小，而当地形起伏时面向雷达的山坡回射信号强而背坡弱。有时甚至会出现在面向雷达波由山顶到山麓的成像倒错，如两排山在垂直中心投影下本应按山峰—山谷—山峰的空间次序排列，在雷达图像上却会以山峰—山峰—山谷的次序排列（图 2-15）。由于雷达图像这些复杂的几何特性，水平方向上的几何纠正比航空像片和扫描式遥感影像的几何校正难度大得多，因而雷达影像直接用于专题制图的时候不多，但是利用雷达影像进行高度测量却可以达到很高精度，这一技术称为雷达干涉测量学。近些年来，为了同时利用雷达影像上丰富的地形起伏信息和可见光近红外影像丰富的光谱信息，将这两种图像加以融合，这类技术称为图像融合技术（Gong，1994）。

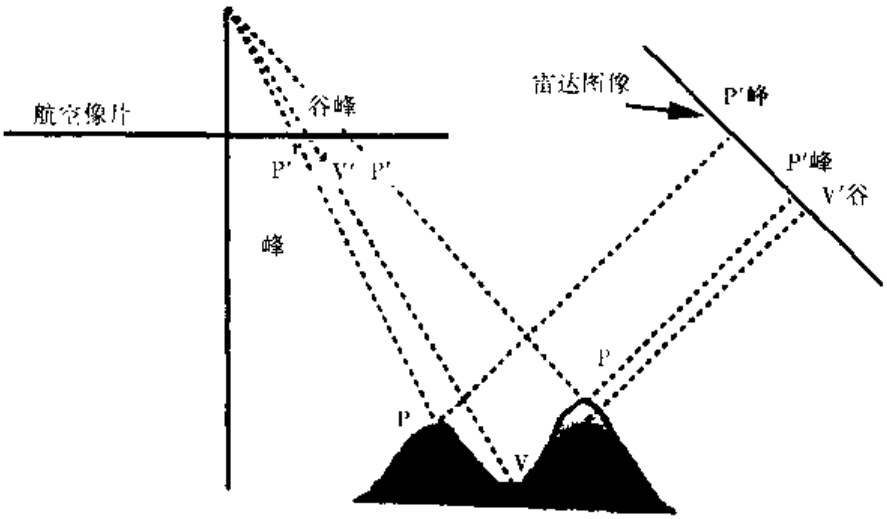


图 2-15 雷达图像的几何特性

2.7.4 常用的卫星数据

目前世界上常用的卫星数据仍然是美国的陆地卫星（Landsat）专题制图仪（Thematic Mapper，TM）、诺阿气像卫星的甚高分辨率辐射仪（NOAA－AVHRR）和法国 SPOT 卫星的高分辨率传感器（HRV）数据。它们的数据波段、空间分辨率、覆盖范围和对同一地点重访周期见表 2-3。

下一代陆地卫星和 SPOT 卫星传感器却着力于增加波段、提高分辨率方面。表 2-3 所列图像均可在中国国内购得。Landsat 和 SPOT 可从设在北京的中国陆地卫星地面站获得，而 NOAA 影像则可从国家气象中心和许多省气象局或大学获得。与 Landsat 和 SPOT 卫星上所载传感器相类似的还有日本和印度的海洋观测卫星和地球资源卫星。加拿大、欧洲空间局和日本也提供星载雷达图像。

表 2-3　几种主要对地观测卫星的传感器特性

卫星传感器	波段范围（μm）	空间分辨率	覆盖范围	重访周期	主要用途
Landsat TM	0.45～0.52（蓝）	30m	185km×185km	16 天	水深、水色
	0.52～0.60（绿）	30m			水色、植物状况
	0.63～0.69（红）	30m			叶绿素、居住区
	0.76～0.90（近红外）	30m			植物长势
	1.55～1.75（中红外）	30m			土壤和植物水分
	10.4～12.4（热红外）	120m			云及地表温度
	2.05～2.35（中红外）	30m			岩石类型
NOAAA－VHRR	0.58～0.68（红）	1.1km	2 400km×2 400km	0.5 天	植物、云、冰雪
	0.72～1.10（近红外）				植物、水陆界面
	3.55～3.93（热红外）				热点、夜间云
	10.3～11.3（热红外）				云及地表温度
	11.5～12.5（热红外）				大气及地表温度
SPOT-HRV	0.50～0.59（绿）	20m	60km×60km	26 天 局部重访 2～3 天	水色、植物状况
	0.61～0.68（红）	20m			叶绿素、居住区
	0.79～0.89（近红外）	20m			植物长势
	0.51～0.73（可见光）	10m			制图

于 1997 年底 1998 年初出现的小卫星传感器多是采用与 SPOT-HRV 类似的波段，只不过是分辨率相对提高到 1～4m。而对于大范围乃至全球变化研究，美国宇航局在 1998 年发射的中等分辨率成像光谱仪（MODIS）尤其值得一提。MODIS 有 36 个波段覆盖 0.4～14.5μm 的光谱范围。它在星下点的空间分辨率为 250m（波段 1～2），500m（波段 3～7），1 000m（波段 8～36）。表 2-4 列出了 MODIS 的各波段范围及计划用途。这种传感器的优点是它同时探测大气、云、水汽、臭氧、海洋、冰雪、陆地表面等的光谱特性，可以用提取到的大气特征信息校正对地表覆盖敏感的光谱波段图像，从而使陆地表面制图与全球变化信息的提取更加可靠，这是以往遥感很少能够做到的。

表 2-4　MODIS 的波段范围及应用

波段	光谱范围(μm)	主要用途	波段	光谱范围(μm)	主要用途
1	0.620～0.670	土地覆盖边界	20	3.600～3.840	地表云层温度
2	0.841～0.876		21	3.929～3.989	
3	0.459～0.479	土地覆盖特征	22	3.929～3.989	
4	0.545～0.565		23	4.020～4.080	
5	1.230～1.250		24	4.433～4.498	大气温度
6	1.628～1.652		25	4.482～4.549	
7	2.105～2.155		26	1.360～1.390	卷云特征
8	0.405～0.420	海洋颜色-浮游生物-生物地球化学	27	6.535～6.895	水汽
9	0.438～0.448	生物地球化学	28	7.175～7.475	
10	0.483～0.493		29	8.400～8.700	
11	0.526～0.536		30	9.380～9.880	地表云层温度
12	0.546～0.556		31	10.780～11.280	地表云层温度
13	0.662～0.672		32	11.770～12.270	
14	0.673～0.683		33	13.185～13.485	云顶高度
15	0.743～0.753		34	13.485～13.785	
16	0.862～0.877		35	13.785～14.085	
17	0.890～0.920	大气水汽	36	14.085～14.385	
18	0.931～0.941				
19	0.915～0.965				

2.8 地图

地图是现实世界的模型，它按照一定的比例、一定的投影原则有选择地将复杂的三维现实世界的某些内容投影到二维平面媒介上，并用符号将这些内容表现出来。

地图的三个基本元素是比例尺、地图投影和符号。二维平面媒介可以是纸张、透明薄膜；计算机屏幕等。由于地图用符号在二维平面上表达缩小了的三维现实世界，故从三维空间投影到二维空间必然引入几何变形。为了使重要的信息不被埋没于细节之中，地图必然是一个有选择而又不完整的现实世界模型，这种现实世界模型在地图制图学中主要是通过地图综合来实现的。GIS 中的许多图层都是从某类地图上经数字化和编辑加工得到的。

2.8.1 地图种类

地图通常分为普通地图和专题地图。普通地图是一般性的参考图，它主要用来表达六方面内容：居民地、道路、行政边界、地形（地貌）及地表覆盖、水系和典型目标物。普通地图中最典型的一类是地形图，地形图是按照一定的精度规范编制出来的。制图规范对投影、分幅、比例尺系列、符号、表达内容的精确度等均有严格规定。如美国地质调查局（USGS）负责 1∶24 000 和 1∶100 000 比例尺地形图的编制及销售服务；国防部则制作了全世界 1∶500 000 比例尺地形图。中国的基本地形图由国家测绘局和各个省测绘局负责生产、更新、管理和销售。中国基本地形图系列从 1∶10 000 起，到 1∶25 000，1∶50 000，1∶100 000，1∶250 000，1∶500 000 和 1∶1 000 000 多种比例尺，常用的有 1∶10 000，1∶50 000 和 1∶100 000。由于地形图几何精度比较高，所以常被用于其他专题地图制作的基础底图。较大比例尺的地形图，如 1∶10 000～1∶50 000（美国 USGS 为 1∶24 000），一般从航空像片直接经过解译，野外调查（调绘），用航空摄影测量学的方法将航空像片上的解译结果转绘到有地图投影的底图上，再经地图综合、清绘、制版印刷而成。中小比例尺地形图如 1∶100 000～1∶1 000 000 则是在较大比例尺地形图的基础上经过概括、综合、缩小并编辑加工而成。地图制图的一个重要环节是地图综合，后面将对它进行专门介绍。它对以地图做原始数据源的数据误差或不确定性有重要影响。

专题地图反映某一类特定的地理专题。我们将目光投向窗外，所见到的任何事物都可作为专题地图的主题。见到房屋住宅，可以想到房屋密度图、居住密度图、房价图；看到树木，可以想到植物种类图；看到道路可以想到城市道路图；看到下水道口可以想到城市管线图；看到蓝天、白云可以想到气象图。可见专题地图种类繁多，而且每种图的制作需要一定的专业知识。下面列出一些常见的专题地图。

天气预报图——以天气类型、温度和降水空间分布为主的地图；

旅游图——以介绍旅游景点位置和交通便利为主的地图；

交通图——以介绍街区和公共交通状况为主的地图；

地铁线路图——反映地铁站点位置、路径、中转位置等为主的地图；

地势图——以反映地形起伏和山脉高程为主的地图。

打开一本经济地图集或人口地图集，可以看到其中有关于各种各样的社会经济要素或人口要素的专题地图。下面列出另一些不常见的，但对国民经济生产有重要作用的专题图。

反映自然条件的专题地图有：地质图、土壤图、气候图、植被图、太阳能分布图、风能分布图、洋流图、潮汐图等。

反映经济状况的专题图有：交通图、工业图、农业图、商业图、贸易图、水利图、电力图、渔业图、林业图、牧业图等。

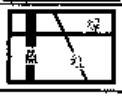
反映自然要素的专题图，原始资料大多是通过野外考察、测量、航空像片和遥感资料。野外搜集的资料多数是小范围的布点采样资料，往往需要通过内插等方法扩展到整个制图区域。样点代表性和插值方法的可靠性对专题图制作有重要影响。而反映社会经济、人口、文化、卫生等方面的专题图，原始资料都是统计数据，不论是有关自然现象还是人文现象的原始数据，都需要经过归并、分类、分级等处理，才可以在专题图上用点、线、面状符号表达出来。这些处理过程既可能引入误差，又可能渗入制图者的偏见，使用地图时应注意鉴别（李满春和徐雪仁，1997）。

2.8.2 地图符号

地图三大元素中，对比例尺和地图投影已作介绍。设计和使用地图符号将地面特征、地址和其他位置信息显示在地图上，使用不同地图符号对地面特征加以区分，并进行图形编码，从而达到在二维地图上存储数据的目的。

有些地图有复杂而又标准化的符号系统，如地质图、气象图、林业调查图等，能通过符号存储大量的数据。但一般只有了解这个领域和制图惯例的人才能读懂这类地图。地图使用点状、线状和面状符号表达地图内容（特征）。符号可以使用不同的视觉变量，如尺寸、形状、灰度、纹理、方向、颜色等（表 2-5）。

表 2-5 地图中常用的符号及符号的视觉变量

视觉变量	点状符号	线状符号	面状符号
尺寸大小			
形状			
灰度			
纹理/模式			
方向			
颜色			

尽管每种符号都可以使用这六种视觉变量，对于点符号用尺寸表示数量，用形状表示类别最佳。因为点状符号较小，使用其它视觉变量不易区分，而对于线状符号使用粗度（尺寸）、纹理和颜色较佳，对于面状符号使用灰度、纹理和颜色较好。一般用尺寸和灰

度表达数量，它们适用于次序、间隔和比例数据。用形状、纹理和颜色等表达命名数据。方向视觉变量与点或线状符号结合可表达风向、水流向（洋流）、人口流动和动物迁移路线等。

有些点状符号将形状和尺寸结合起来表达种类和数量。如中学地理教材中矿产资源图，一般用形状表示不同的矿物而符号的大小表达数量的多少。又如在地势图上，用蓝色表示海洋，绿色代表陆地，高处用黄色和褐色代表，而用颜色的深浅代表水深和陆地高度。

等高线用线状符号表达高度而用相邻等高线间的间隔表达坡地的陡缓，与等高线垂直的方向是局部坡面的方向（如图 2-16）。

如图 2-16 所示，等高线是由与大地椭球面平行的平面在一定高度上与地面相割所得的割线再投影到大地椭球面上而得到的，顾名思义等高线指在该线上的点高程相同。不同等高线间的高程差对于同一比例尺的地图是恒定的，如 1∶50 000 地形图上为 40m，同一比例尺的图上等高线的高程由计曲线标出，相邻计曲线之间按相同高程间隔插入 4 条等高线即首曲线。它们代表的高程在地图上不标出，而是依据计曲线推算出来的。等高线密集表明在短的水平距离内高程变化大，因而代表该处坡度陡。反之则缓。等高线上凹凸变化之处是山脊或山谷所在的位置。若在凹或凸的方向的相邻等高线高程降低则为山脊，反之为山谷。地图中使用的其他等值线，如气象上的等温线、等雨量图、等压线等都与等高线的使用原理相似。

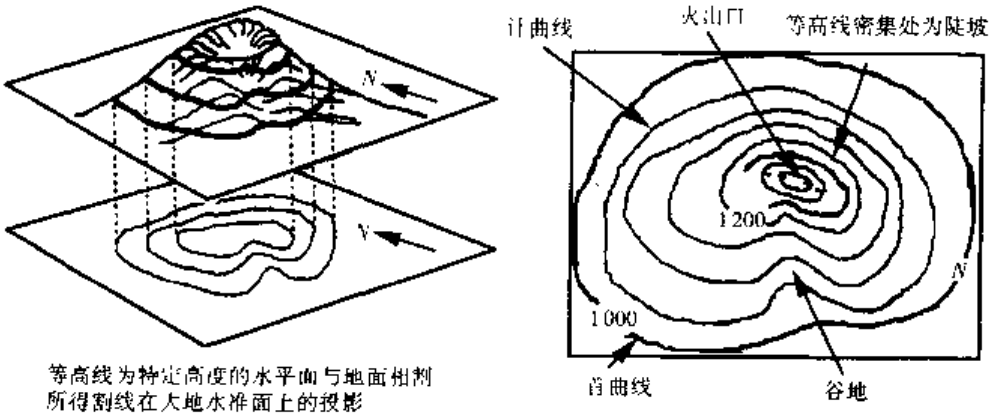


图 2-16　等高线的特点

2.8.3　地图制作过程和地图综合

地图的制作与 GIS 开发过程有许多相似之处，大致分为下列步骤：

①调查分析地图用户的要求；

②确定制图目标，确定比例尺、投影、内容，设计符号，编制制图规范；

③收集数据、野外测量、像片判读、问卷调查等；

④对数据进行鉴别、分析处理，如插值、分类等；

⑤转绘数据到基础底图上；

⑥进行地图综合，先选样区试验再对整个制图区域进行综合；

⑦进行地图清绘；

⑧检查质量，检验精度等；

⑨修改后制版印刷。

编图过程中收集数据极为重要，没有适时而详细精确的数据，地图制图的工作注定会失败。在地图编制过程中，地图综合决定着制图的成败。

地图综合是实现由地图制图者对现实世界的抽象模型转化为具体的地图模型的工具。它包括取舍、分类、简化和符号化。每个步骤都减少地图某些细节，但最终提供用户足够的地理知识和信息。适当的地图综合能够给地图用户提供有效的信息，而过度的综合则可导致信息匮乏而缺少真实感（七家耀等，1993；金瑾乐等，1987）。

取舍：实际上贯穿于整个制图过程中。如制图区域的选择，比例尺和地图投影的确定，适合于制图目的的变量选取，数据的收集和采样方法的选用都是取舍的内容。

分类：指的是将同样的或类似的制图对象划入一组。它是一个消除个体，从个体抽象概括一般性的方法。分类可使地图的复杂性减低，将制图对象按类组织在一起，因此可以增加地图向读者传输信息的有效性。在制作专题地图时，分类可用于定性又可用于定量信息。如土地利用分类是依据人们对土地的开发使用活动来划分的，如农业用地、居住用地等。土地利用活动一般是通过定性描述数据来记录的。而使用定量信息进行土地利用分类也是可能的，如利用数字遥感图像进行的土地分类（Gong，1994；宫鹏等，1996）。从遥感图像转变成土地利用类型定性数据时，尽管图像上原有的丰富数字信息丢失了，但简化了空间细节使土地利用类型一目了然。这就是分类的功效。

简化：实际上，取舍、分类和符号化都是为了简化细节，但简化还有其他形式如光滑、化曲为直、归并等。如经过两点的道路，在有些图上要有准确的地理位置，而对于公路示意图来说只需用直线联接两点以表示该两点有公路相通即可。

符号化：由于不可能将所有制图对象的实际形状按比例缩小到地图上，所以地图上要用符号。符号又分为两类：抽象符号和象形符号。象形符号如铁路、工厂等；抽象符号一般使用简单的几何符号。

地图能够清晰易读，主要靠合理的地图综合。地图综合分为两部分：图形综合和制图内容综合。大多数制图符号在地图上的面积比所表达的实物按地图比例尺缩小后的大小要大。例如，在 1∶50 000 地图上 0.5mm 的公路代表实地 25m，这比一般的公路令大了两倍多。各级行政区的界线在实地往往只有界桩而没有界线，在地图上却需用 0.2～5mm 的线表达出来。地图上这种“无中生有”的界线很多，如土壤类型、生态类型、自然区划等的界线在实地均是不存在的。如果将各类符号按它们的真实位置表现在地图上，任何地图都会显得杂乱难读。因此需对图形符号从地图整体上进行综合以达到地图符号清晰可辨的目的。不难想象，地图比例尺越小，综合的程度越高。

（1）图形综合

对点状、线状、面状符号的综合需要不同的方法。对点状符号的综合如图 2-17 所示，它们是取舍、移位和归并。对线状符号、面状符号的综合分别参见图 2-18、图 2-19。

从图 2-17、图 2-18、图 2-19 可以看出，地图综合有可能对原始数据进行较大的改动、移位、简化和光滑，增加了数据的几何误差。合并和消除既引入更多的几何误差，又增加了所表达的类型数据或定量数据的不确定性。一般来说，普通地图在几何精度方面比类似比例尺的专题地图要更准确，专题图在专题信息方面较准确。

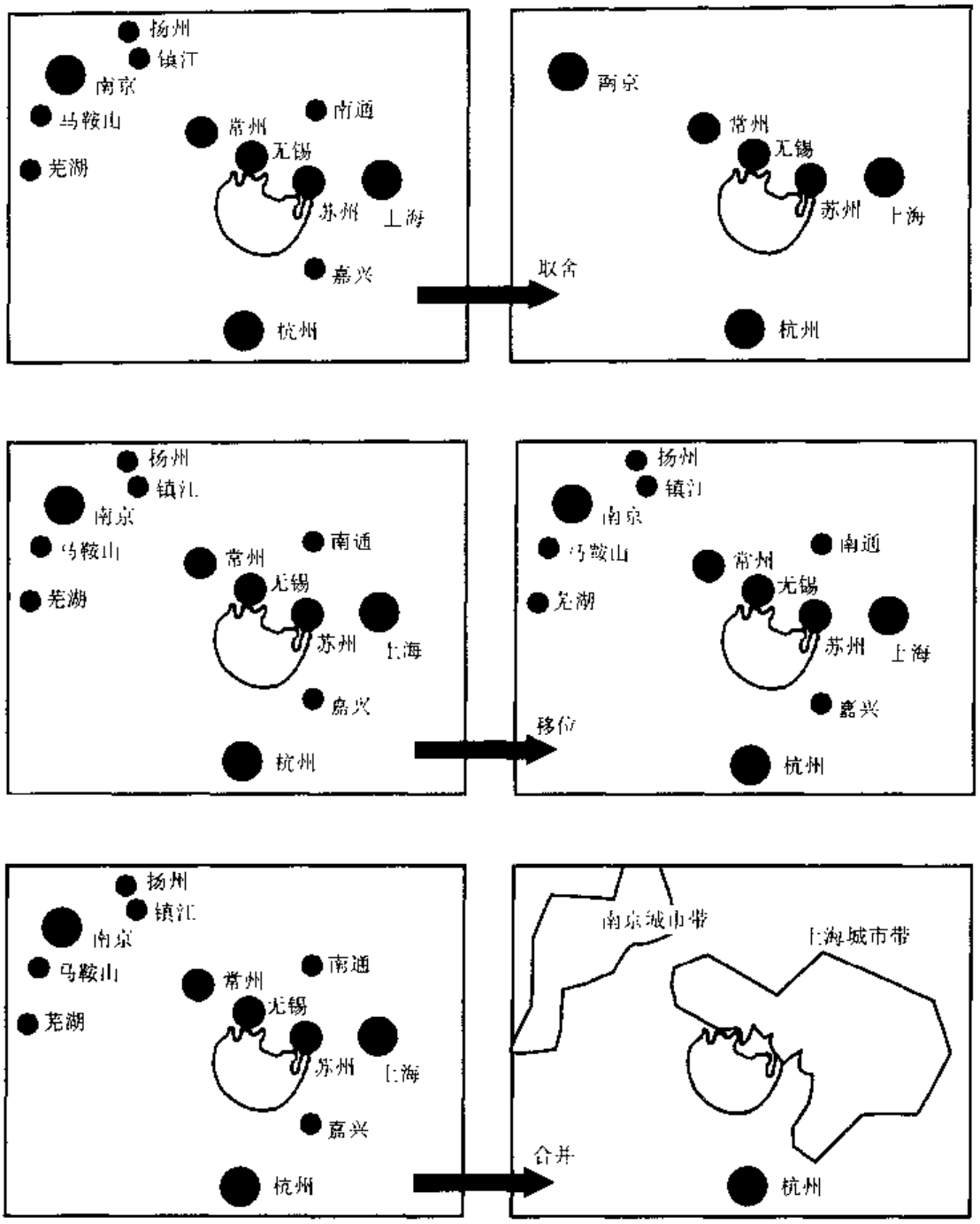


图 2-17　点状符号综合的几种情况

地图比例尺越小，一个地图测量单位代表的实际面积就越大，地图综合程度就越高。所以与原始数据相比误差就越大。尽管从地图制图的角度，为了达到有效地向地图读者传递真实信息的目的，地图综合是必不可少的，对于用地图做 GIS 数据源时，地图综合却是不必要的。但又不可避免，因为每个地图都或多或少地进行了制图综合。GIS 用户需要留意地图资料的比例尺和与原始数据之间可能的偏差范围。

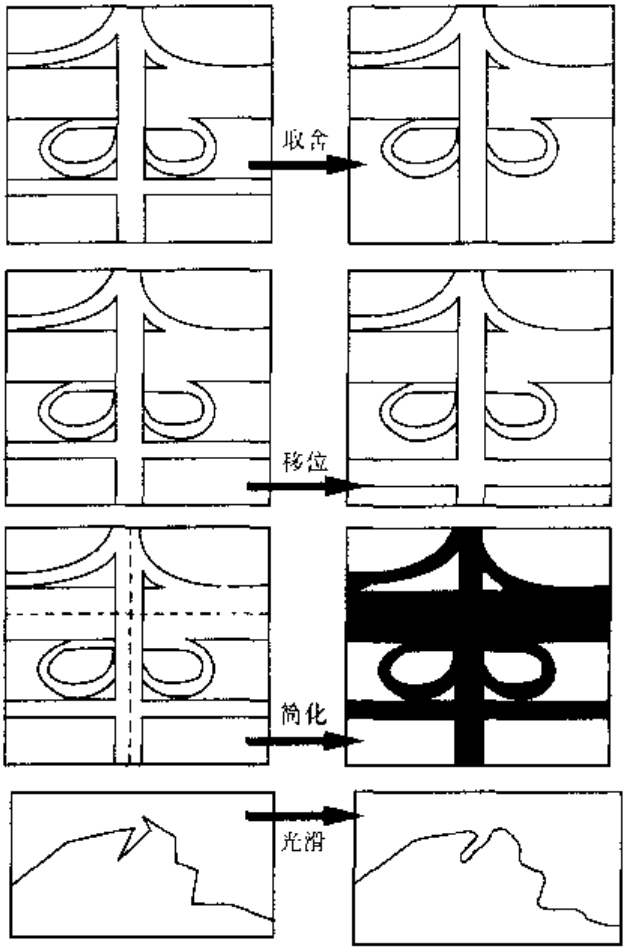


图 2-18　线状符号的综合

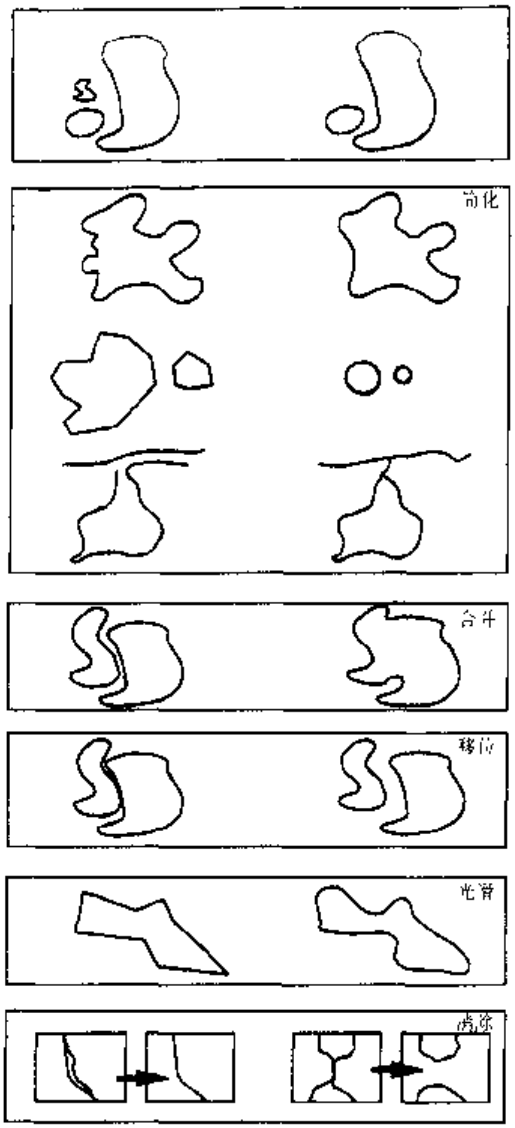


图 2-19　面状符号的综合

（2）内容综合

内容综合有两个方面：取舍和分类。取舍和分类已在前面简述过，这里着重介绍一下分类体系。分类体系既要有明确且易于遵循的类型定义，又要结合制图者的直观判断。这对多人分工分区制图尤为重要。例如在地质、土壤和生态制图中，确定不同区域范围的分类体系时，要对每类的类内均一性及其与较接近类型的显著区别予以详细描述。事实上，对这类地图的编制都有详细分类手册。这类地图的可靠性取决于制图者对每种类型的物理意义及发展演变过程的理解、选择样点的专业经验和划分界线时的直观判断等因素。然而不应忘记对土壤或生态类型所划分的边界，在自然界并不是像地图上表达的那么确定。在现实世界中从一种特定的土壤类型到另一种，一般需要经过很长距离的逐渐过渡，因而这类边界是模糊的。

内容综合往往体现在分类体系的分层上。例如美国地质调查局 1976 年为使用遥感图像进行土地利用／土地覆盖制图而制定的分类系统就是一个多层分类系统。它共有四级：头两级适用于当时技术条件下的卫星遥感，而更细的两级适合于利用航空遥感资料。由于

后两级随地理区域的不同而不同，因而美国地质调查局的分类系统未对较细的土地覆盖和土地利用类型做较详细的划分，它的头两级分类系统列于表 2-6（Anderson，1976）。

表 2-6　美国地质调查局适用于遥感资料的土地利用覆盖分类系统

第　级	第二级	第一级	第二级
1.城市或城区用地	11 居住区	5．水面	51 河流
	12 商业服务区		52 湖泊
	13 工业区		53 人工水库
	14 交通、通讯和公共设施用地		54 海湾和河口
	15 工商混合区	6．湿地	61 有树的潮湿地
	16 各类城市或建成区用地		62 无树潮湿地
	17 其它	7．荒漠	71 盐地
2．农业用地	21 农地和牧草地		72 沙滩
	22 果园、幼树林、苗圃、园林地		73 非水滨沙地
	23 饲养地		74 裸露岩石
	24 其它农业用地		75 开采场
3．草地	31 草本草地		76 过渡区
	32 灌木地		77 混合荒漠区
	33 混合草地	8．苔原	81 灌木苔原
4．森林地	41 阔叶林		82 草本苔原
	42 常绿林	9．永久性冰面覆盖	91 常年覆盖
	43 混交林		92 冰川

该分类系统的第一级适于分辨率较低的卫星资料，一般适用于制作 1∶50 万的地图，第二级适于小比例尺航空像片或较高分辨率的卫星资料，可用于制作 1∶50 万地图，随着分类系统级别的增加，制图就需要越来越详细的遥感资料和其他辅助资料。

建立分类系统的一个重要原则是类别间要相互排它，既无类别重叠又要彻底分尽，即对任何土地都能在分类系统中找到其类别。由于地图可读性的要求，地图上最小的制图单位一般定为 2mm×2mm，小于这一面积的地块不再细分。

2.8.5　计算机制图

计算机制图是地图学中较新的一个领域，也是 GIS 输出、显示结果的一个重要部分。计算机制图的主要内容是将地图设计和绘制通过计算机程序和相应的绘图硬件来实现。地图符号已经可以完全由计算机绘制。对地图特征的许多处理，如分类、空间插值、线条光滑等均可用计算机来实现。利用计算机对线状要素进行制图综合也已取得很大进步。但是，利用计算机进行制图综合的结果仍比较机械，需要将更多的专家经验计算机化，特别是用计算机同时对多种内容进行地图综合还不太成熟。

由于计算机制图越来越容易，未受地图学训练的人也可以制作美观的地图“艺术品”。但是这种作品往往在选择比例尺、地图投影和对数据分类及设色等方面科学性差，难以有效地传输地理信息（Monmonier，1991）。

2.9 数据质量

数据质量是指数据适用于不同应用的能力。只有了解数据质量之后才能判断数据对某种应用的适宜性。但是要充分评价数据质量并不容易，需要花费很多的人力和财力。若要想知道地形图上各类特征的准确度，就需要用独立于制图所使用的原始数据而又至少有同类精度的数据来验证。欲验证从地形图上量测出的数据，所用验证的数据要么需要用更昂贵的仪器去量测，要么需要用同样的测量方法对某些制图对象进行重复测算。这便需要更多的人力和经费投入。

2.9.1 数据质量的基本特点

数据质量可从下列几个方面来考察：

（1）准确度（Accuracy）：即测量值与其真之间的接近程度，可用误差（error）来衡量。如果两地间的距离为 100km，从地图上量测的距离为 98km，那么地图距离的误差为 2km；若用 GPS 量测并计算两点间的距离得 99.9km，则 GPS 的测距误差为 0.1km，因而 GPS 比地图量测距离更准确。

（2）精度（Precision）：即对现象描述的详细程度。如对同样两点，用 GPS 测量可得 9.903k，而用工程制图尺在 1∶100 000 地形图上量算仅可得到小数点后两位，即 9.85km。9.85km 比 9.903km 精度低，但精度低的数据并不一定准确度也低。如在计算机中用 32bit 实型数来存贮 0～255 范围内的整数，并不能因为这类数后面带着许多小数位而说这类数比仅用 8bit 的无符号整型数存贮的数更精确。它们的准确度实际是一样的。若要测地壳移动，用精度仅在 2～5m 的 GPS 接收机进行测量当然是不可能的，需要用精度在 0.001m 量级供大地测量用的 GPS 接收机。

（3）不确定性（Uncertainty）：指某现象不能精确测得，当真值不可测或无法知道时，就无法确定误差，因而用不确定性取代误差（宫鹏、陈俊，1993；Gong et al，1995）。统计上，用多次测量的平均来计算真值，而用标准差来反映可能的误差大小。因此可以用标准差来表示测量值不确定性。然而欲知标准差，就需要对同一现象做多次测量。所以要知道某测量值的不确定程度，需要多次测量，而称一次测量的结果为不确定的。例如，由于潮汐的作用，海岸线是某一瞬间海水与陆地的交界。它是一个大家熟知的不能准确测量的现象，我们称测量得的海岸线长度为不确定的。其实造成数据不确定性的原因不仅限于真值的不可测或测不准，也可能是由于测量对象的概念模糊所致。如高密度住宅或常绿阔叶林，当地图或数据库中出现这类多边形时，我们无法知道住宅密度究竟多高，该处常绿阔叶林中到底有哪几种树种，而只知道一个范围，因而这类数据是不确定的。一般而言，从大比例尺地图上获得的数据，其不确定性较小比例尺图上的小，从高空间分辨率遥感图像上得到数据的不确定性较低分辨率数据的小。

（4）相容性（Compatibility）：指两个来源的数据在同一个应用中使用的难易程度。例如两个相邻地区的土地利用图，当要将它们拼接到一起时，两图边缘处不仅边界线可良好地衔接，而且类型也一致，称两图相容性好。反之，若图上的土地利用边界无法接边，可见两个城市的统计指标不一致也可造成所得数据无法比较致使数据不相容。这种不相容

可以通过统一分类和统计标准来减轻。另一类不相容性可从使用不同比例尺的地图数据看到，一般土壤图比例尺小于 1∶100 000，而植被图则在 1∶15 000 至 1∶50 000 之间，当使用这两种数据进行生态分类时，可能出现两种情况：一是当某一土壤图的图斑大得使它代表的土壤类型在生态分类时可以被忽略；二是当土地界线与某植被图斑相交时，它实际应该与植被图斑的部分界线一致。这种状况使得本该属于同一生态类型的植被图斑被划分为两类，造成这种状况的原因可能是土壤图制图时边界不准确，或由于制图综合所致。显然，比例尺的不同能够造成数据的不相容。当用遥感影像更新林业图时，虽然原来的林业图可能是从航空像片判读得来的，如果遥感影像的几何准确度在林业图的几何准确度范围之内，而遥感图像上所得到的森林类型、郁闭度级别和树木大小级别与林业图一致而且准确度在可接受的范围内，则称从遥感图像上得到的林业图更新数据与原林业图相容。如果两种用不同方法制作的林业图中的一个图的分类体系可以转化成另一个图的分类体系，那么从使用后一个图的角度看，前一个图与后一个图是相容的。反之不然。

（5）一致性（Consistency）：指对同一现象或同类现象的表达的一致程度。如同一条河流，在地形图上和在土壤图上形状不同，又如同一行政边界在人口图和土地利用图上不能重合，这些均表示数据的一致性差。又如，在同一地形图上，同类地形起伏和地貌状况，等高线的疏密和光滑程度有所不同。这或是由同一制图者对等高线的制图综合标准不一或是两个不同制图者的制图综合标准有出入造成的。再如水系图与森林图叠加后发现，森林与湖面重叠，这在逻辑上是不一致的，造成这一状况的原因要么是某图的数据坐标有偏差，要么是制图综合程度不一致。逻辑的一致性，指描述特征间的逻辑关系表达的可靠性。这种逻辑关系可能是特征的连续性、层次性或其它逻辑结构。例如水系或道路是不应该穿越一个房屋的；岛屿和海岸线应该是闭合的多边形，等高线不应该交叉等。有些数据的获取，由于人力所限，是分区完成的，这在时间上就不一致。

（6）完整性（Completeness）：指具有同一准确度和精度的数据在类型上和特定空间范围内是否完整的程度。一般来说，空间范围越大，数据的完整性可能就越差。数据不完整最简单的例子是缺少数据。如计算机从 GPS 接收机传输位置数据时，由于软件受干扰的缘故，只记录下经度而丢失了纬度，以至造成数据不完整。另外由于 GPS 接收机无法收到四颗或更多的卫星信号而无法计算高程数据也会造成数据不完整。又如某个应用项目需要 1∶50 000 的基础底图，但现有的地图数据只覆盖项目区的一部分，底图数据便不完整。这时可用更大比例尺的地图填补缺少 1∶50 000 比例尺地图的地区。再如，生态类型制图需要地形高程、坡度、坡向、植被覆盖类型、气温、降雨和土地等数据。缺少上述任一方面的数据对于生态分类都是不完整的。

（7）可得性（Accessibility）：指获取或使用数据的容易程度。保密的数据按其保密等级限制使用者的多少，有些单位或个人无权使用；公开的数据则按价决定可得性。太贵的数据可能导致潜在用户另行搜集，造成浪费。

（8）现势性（Timeliness）：指数据反映客观现象目前状况的程度。不同现象的变化频率是不同的，如地形、地质状况的变化一般来说比人类建设要缓慢，地形可能会由于山崩、雪崩、滑坡、泥石流、人工挖掘及填海等原因而在局部区域改变。但由于地图制作周期较长，局部的快速变化往往不能及时地反映在地形图上，对那些变化较快的地区，地形图就失去了现势性。城市地区土地覆盖变化较快，这类地区土地覆盖图的现势性就比发展

较慢的农村地区会差些。地形图上记录着所用航空像片的获取年代。若又用其他数据进行过修改（一般是较新的航空像片），也应记录下来。开发数据库时，应该记录数据的采集时间及其处理方法和过程，这便可作为数据的档案（Lineage）。谈到现势性差的数据，有人或许会想到可将它们作为历史资料与新采集的数据进行比较，以确定一定时间间隔内发生的变化。这时应注意历史数据的时间一致性问题。由于历史数据采集方法落后，有时一个地区的数据需要花费几年时间来收集，而哪些数据究竟采自哪年又不清楚。如新数据是在某一个较短时间内完成的，这两种数据经比较所得到的变化数据在时间上也存在着不一致现象。

可见数据质量的好坏与上述种种数据的特征有关。这些特征代表着数据的不同方面，它们之间有联系，如数据现势性差，那么用于反映现在的客观现象就可能不准确。数据可得性差，就会影响数据的完整性。数据精度差，则数据不确定性就高。这里不一一举例。

2.9.2 数据误差或不确定性的来源

数据的误差大小即数据的不准确程度是一个累积的量。数据从最初采集，经加工最后到存档及使用，每一步都可能引入误差。如果在每步数据处理过程中都能做质量检查和控制，则可了解不同处理阶段数据误差的特点及其改正方法。误差分为系统误差和随机误差（偶然误差）两种，系统误差一经发现易于纠正，而随机误差则一般只能逐一纠正，或采取不同处理手段以避免随机误差的产生。

GIS 数据误差的主要来源如表 2-7 所示（Aronoff，1989；经过修改）。

表 2-7 数据的主要误差来源

数据处理过程	误差来源
数据搜集	野外测量误差：仪器误差、记录误差 遥感数据误差：辐射和几何纠正误差、信息提取误差 地图数据误差：原始数据误差、坐标转换、制图综合及印刷等误差
数据输入	数字化误差：仪器误差、操作误差 不同系统格式转换误差：栅格-矢量互换、三角网-等值线互换
数据存储	数值精度不够 空间精度不够：格网或图像太大、地图最小制图单元太大
数据处理	分类间隔不合理 多层数据叠合引起的误差传播：插值误差、多源数据综合分析误差 比例尺太小引起的误差
数据输出	输出设备不精确引起的误差 输出的媒介不稳定造成的误差
数据使用	对数据所包含的信息的误解 对数据信息使用不当

2.9.3 数据误差的类型

一些学者（史文中，1994）按数据处理过程分析了数据误差的累积过程，将地形图的误差分为以下五类：

• 地形图的位置误差；
• 地形图的属性误差；
• 时域误差；
• 逻辑不一致性误差；
• 不完整性误差。

将数据转换和处理的误差分为：
• 数字化误差；
• 格式转换误差；
• 不同 GIS 系统间数据转换误差。

最后介绍了利用 GIS 的数据进行各种应用分析时的误差：
• 数据层叠加时的冗余多边形；
• 数据应用时，由应用模型引进的误差。

这些误差分类对于了解误差分布特点、误差源和处理方法、产生误差的特点有很多好处。归纳起来，数据的误差主要有四大类，即：几何误差、属性误差、时间误差和逻辑误差。数据的不完整性是可以通过上述四类误差反映出来的。事实上检查逻辑误差，有助于发现不完整的数据和其它三类误差。对数据进行质量控制或质量保证或质量评价，一般先从数据的逻辑性检查入手。例如，桥或停车场等与道路是相接的，如果数据库中只有桥或停车场，而没有与道路相连，则说明道路数据被遗漏，而使得数据不完整。在这种情况下，需要确定谁的精度更高。属性误差的例子如界限两旁的属性类型相同。同一类生态环境条件下，早发生林火的地区植被长势比晚发生林火的区域差，是时间误差的例子。这些均可从图 2-20 中看到。

2.9.4 几何误差的检测和表达

由于多数数据仍以二维平面坐标表达位置（如所有地图采用二维坐标），在二维平面上的几何误差主要反映在点和线上，现分述如下。

（1）点误差

关于某点 A 的点误差即为测量位置（x，y）与其真实位置（x_0，y_0）的差异。（x_0，y_0）用比（x，y）更精确的测量方法得到，如（x_0，y_0）可以在野外使用高精度 GPS 方法得到。点误差可通过计算坐标差和距离的方法得到。

坐标误差定义为 $\Delta x = x - x_0$。　X 轴方向坐标误差

$\Delta y = y - y_0$。　Y 轴方向坐标误差

可见，理想状态下，$\Delta x = \Delta y = 0$，否则，Δx，Δy 可正可负。距离误差可以有多种定义，一般采用欧氏距离：

$$\Delta D = (\Delta x^2 + \Delta y^2)^{1/2}$$

理想状态下 $\Delta D = 0$，否则 $\Delta D > 0$。

为了衡量整个数据采集区域或制图区域内的点误差，一般抽样测算（Δx，Δy）或 ΔD。

抽样点应随机分布于数据采集区内，并具有代表性。这样抽样点越多，所测的误差分布就越接近于点误差的真实分布。但是，测量（x，y）代价也会很大，所以抽样点数的多少受到费用的限制。

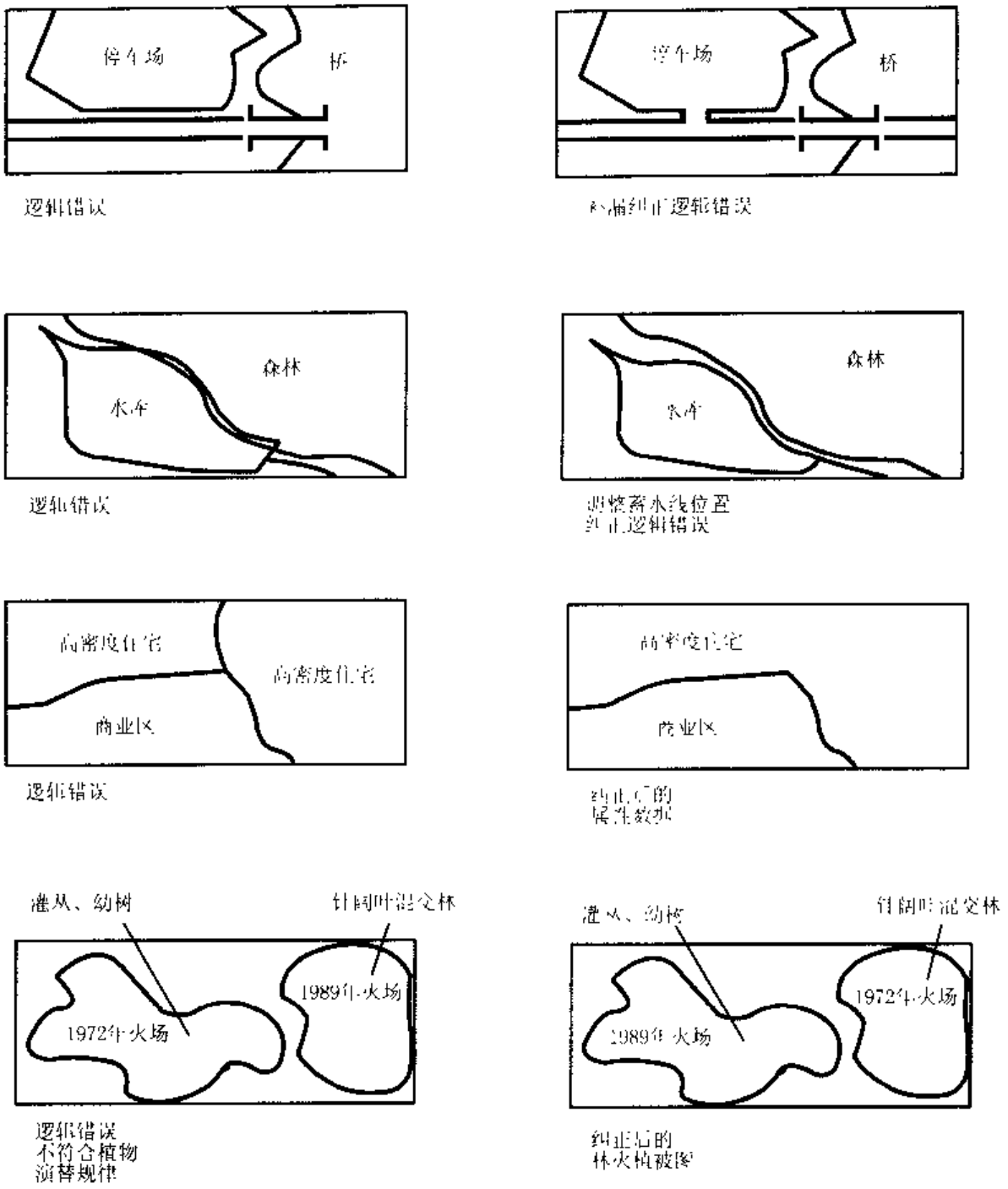


图 2-20　各类逻辑误差及修正

对点误差的统计分布研究并不多。但是人们常常假定其分布是正态的（Shi，1994），并根据这一假定来确定误差的置信域。尽管点误差的统计分布有待于进一步证实，这里暂且用正态分布作为对点误差统计分布的近似。Aronoff（1989）假设有 4 个点的（x，y）和（x_0，y_0）已知（见表 2-8），相应的坐标误差和距离误差及其平均误差和平均误差的标准差列于表 2-8。若测量误差为随机的，而且抽样点的个数较多，Δx 和 Δy 的平均值应当接近于 0。若平均值偏离 0，则有系统误差；还可用 Δx 和 Δy 来分析误差相对于真值的分布和方向。

表 2-8　误差举例

项目	测量值（m）		真实位置（m）		坐标误差		距离误差
	x	y	x_0	y_0	Δx	Δy	ΔD
点 A	49	51	50	50	−1	1	1.41
点 B	148	35	150	35	−2	0	2.00
点 C	170	131	170	130	0	1	1.00
点 D	101	169	100	170	1	−1	1.41
平均误差 M					−0.5	0.25	1.46
标准差 S					1.26	0.95	1.41

表 2-8 中 ΔD 的平均值 1.46 可以反映点误差的平均幅度，而它仅反映有 50%左右的点误差落在 0～1.46 之间。要达到更高的置信域，需要使用标准差，如图 2-21 所示。欲确定 80%或 95%的置信域，需从正态分布表中查得相应的 Z 值。即 $Z_{80\%}=0.84$，$Z_{95\%}=1.645$。置信域

$$D=Z\cdot SD+M$$

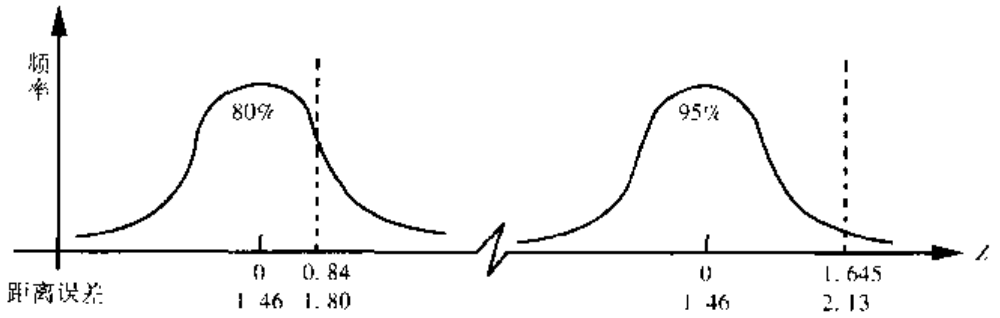


图 2-21　置信域与标准差

由上式可得，在 80%和 95%置信度时的置信域分别为 1.80 和 2.13，95%置信度和对应的置信域[0，2.13]意味着 95%的点误差落在［0，2.13］，严格地说应该是点误差落入[0，2.13]区间的概率为 0.95。Hunter 和 Goodchild（1995）用这类方法表现等高线数据的不确定性。

按点误差的正态分布假设，可以建立点误差的分布模型（图 2-22）。这种分布模型由 Δx，Δy 的均值和协方差矩阵确定。每个点误差分布频率椭圆刻划着一个概率水平 P，即点误差落入椭圆内的概率为 P。

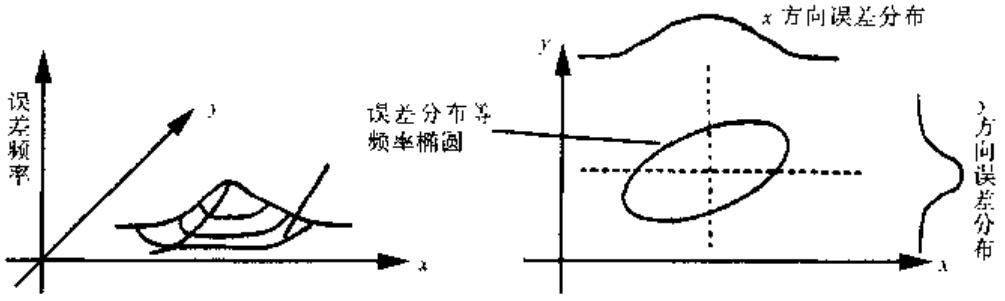


图 2-22　点误差的分布模型

（2）线误差

线在 GIS 数据库中既可以表示线性现象，又可以通过连成的多边形表示面状现象。但是，一类线上的点在真实世界中是可以找到的，如道路、河流、市政或行政边界线等。另一类却是现实世界中找不到的，如按数学投影定义的经纬线，按高程绘制的等高线，或者是气候区划线和土壤类型界限等。前一类的线性特征的误差主要产生于测量和对数据的后续处理，后一类线性特征的线误差及在确定线的界限时的误差，被称为解译误差（Shi，1994）。所以在研究由于对自然现象分类产生的类型界线，如地质类型、植被类型、土壤类型、气候类型以及更为综合的类型，如生态类型、自然区划类型等界线时，应注意解译误差。解译误差与属性误差直接相关，若没有属性误差，则可以认为那些类型界线是准确的，因而解译误差为零。

从另一个角度看，线分为直线、折线、曲线与直线混合的线（图 2-23）。确定和表达直线或折线的误差与曲线的误差是不同的。GIS 数据库中用两种方法表达曲线、折线或数学公式。图 2-24 将这两类误差作了对照。

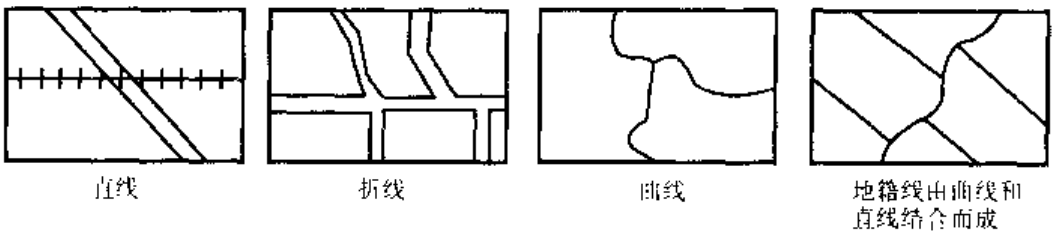


图 2-23　直线、折线、曲线数据的表达

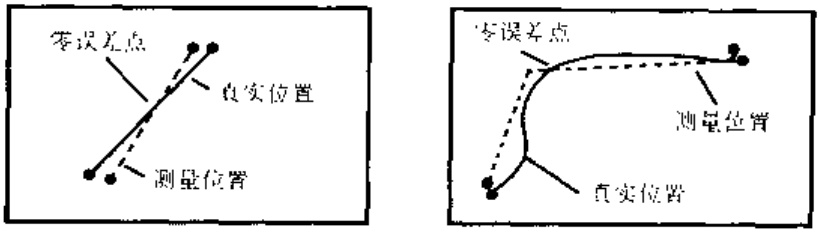


图 2-24　GIS 中折线与曲线误差的比较

直线的误差分布一般以线的起点和终点处最大而中线误差最小（Dutton，1992；Shi，1994；史文中，1996）。而用折线表达的曲线误差，一般在折线线段端点处较小，而在线段中点处较大（图 2-24）。

可以把直线和折线误差分布的特点分别看作是“骨头型”和“车链型”的误差分布带模式（图 2-25）。但是需要强调的是，对于现实世界中的曲线，这种误差分布带的模型是不合理的。对于曲线的误差分布或许应当考虑“串肠型模式”（图 2-26）。

Gong 等（1995）通过对不同曲率的圆进行数字化的试验提出了这类模型。他们研究的结论是利用折线模型表现曲线容易在估算曲线长度时造成低估的现象。曲率大的曲线段容易引起大的误差，小而圆凸的多边形面积容易被低估。至于这些低估的程度和误差范围，需要进一步的研究才有可能被确定。

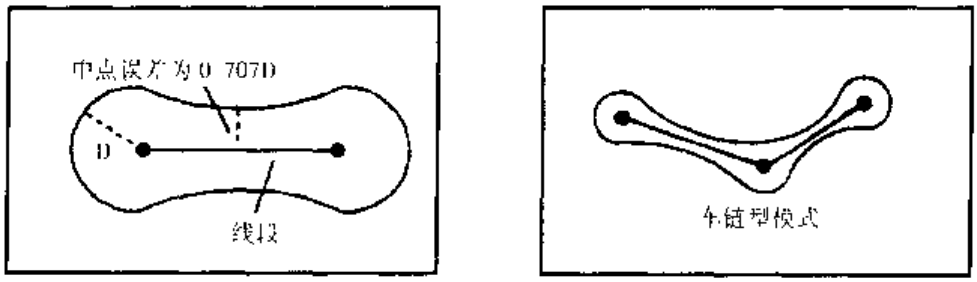


图 2-25　直线和折线误差分布带模式

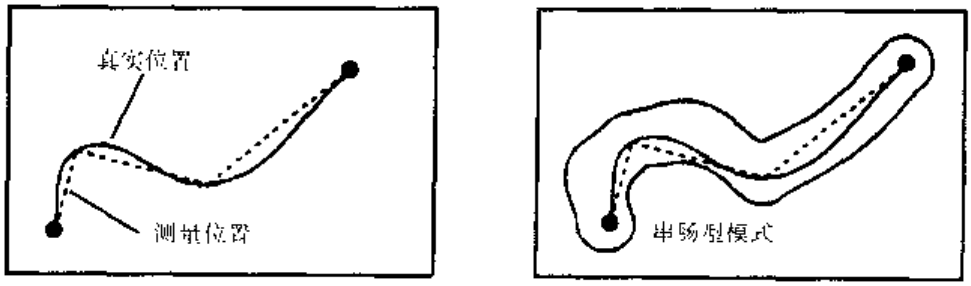


图 2-26　串肠型模式的误差表示方法

在上述的误差带模型指出之前，一般使用 ε-带的方法表达数据的误差。ε-带的方法由数学家 Perkal（1956）提出，它是以量测线为中心宽度为 2ε 的条带。这与上述模型相比是一种简化。

在真值无法知道的情况下，围绕着量测线的误差带就成了一条不确定性带，或是按照一定置信度计算出来的置信域带。

2.9.5　属性误差

属性数据可以分为命名、次序、间隔和比值四种测度中的一种。间隔和比值测度的属性数据误差可以用点误差的分析方法进行分析评价。这里主要讨论命名和次序这类定性，也是离散型的数据误差评价方法。多数专题数据制成图之后都用命名或次序数据表现。例如土地覆盖图、土地利用图、土壤图、植被图等的内容主要为命名数据，而反映坡度、土壤侵蚀度或森林树木高度的数据多是次序数据。如将土壤侵蚀度划分为四级，用 1 代表轻度侵蚀，而用 4 代表最重的侵蚀。考察空间任意点处定性属性数据与其真实的状态是否一致，只有两种答案，即对或错。因此我们可以用遥感分类中常用的准确度评价方法来评价定性数据的属性误差（Aronoff，1989）。

定性属性数据的准确度评价方法比较复杂。它受属性变量的离散值（如类型的个数），每个属性值在空间上分布和每个同属性地块的形状和大小，检测样点的分布和选取，以及不同属性值在特征上的相似程度等多种因素的影响。

估算属性误差一般采用下列步骤：

（1）确定抽样方法

在空间上进行抽样有多种方法，常用的有以下四种（图 2-27）：

- 系统抽样：等间距布点；

• 随机抽样：对整个区域随机布点；
• 分区抽样：按一定的样点个数在划分的每个区域内随机布点；
• 系统分区随机抽样：对整个区域内等面积分区，并在区内随机布点。

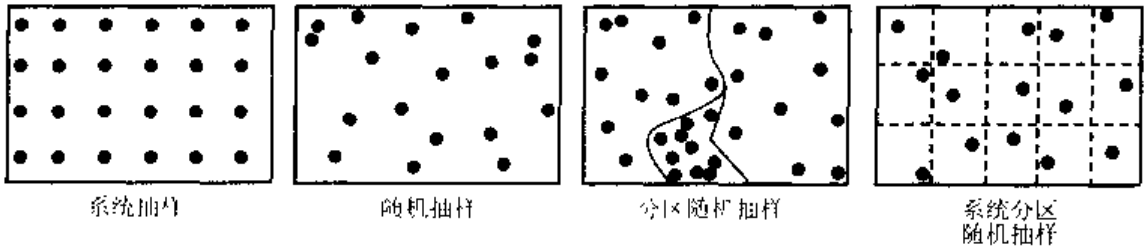


图 2-27　不同抽样方法的比较

当各类属性所占面积相近时，开始用随机抽样或系统抽样。当属性数据有规律地分布时，系统抽样可能出现偏差，这时用随机抽样或系统分区随机抽样较好。当属性类型所占面积相差很大时，就应使用分区随机抽样。否则，面积小的类型就可能很少被抽样。以至于抽样结果代表性差。例如，河谷在土地规划时很重要，但是通常占不到总面积 1%，这时如果不用分区随机抽样，对这类土地进行配额抽样，则会造成抽样不足。

（2）确定抽样数

由于确定抽样点的类型一般比现行方法（如图像分类）更困难且耗费高，因此确定具有统计意义的最少样本数量很重要，但这并不容易。目前常用下列方法（Jensen，1996）：

$$N = Z^2(p)(100-p)/e^2$$

式中，N 为抽样数；p 为准确度期望值（百分数）；Z 为按一定概率水平在标准正态分布双侧分位数表中查到值。如期望准确度为 85%，允许期望值偏差 5%之内，而对估计的准确度置信水平为 95%（即概率水平为 0.95），那么可从双侧正态分布表中查得 Z 为 1.96。

这样

$$N = (1.96)^2 \times 85 \times 15 / (5 \times 5) = 196$$

由于准确度可以指所有属性或每个属性，如果对每个属性的期望准确度都为 85%，那么抽样总数还要由 196 乘以属性的个数。

（3）使用其他方法确定每个样本的属性作为参考数据

以遥感图像上土地利用分类为例，遥感图像经过图像解译或计算机自动识别，得到土地利用图，每个样点因而得到一个类型属性。为了验证所得属性的正确性，需要有更正确的方法。这类方法一般是实地调查或利用更准确的资料，如解译大比例尺的航空像片（1∶4 000～1∶8 000），这样得到的样点属性数据称为验证数据。

属性数据所代表的最小空间单元一般有两种方法定义：遥感图像像元和地图的最小制图单元。一般一个像元只有一个属性值。在对已确定的检测样点进行实地考察或从航空像片上进行解译时，要注意样点所代表的范围与像元或地图最小制图单元所代表的实地面积相一致。尽管一个图斑或一个像元的属性只有一个，但它们所对应的实地或许由多种属性所充填。这时野外工作者或航空像片解译者应测量或估计各种属性所占比例，再按最大比例原则给每个样点赋一个属性值。

（4）建立误差矩阵

定性属性数据的验证结果可用列联表的形式记录，这种表也称为误差矩阵或混淆矩阵（表 2-9）。

表 2-9　抽样点经验证得误差矩阵

项目		验证数据			行合计
		森林	水面	城市	
属性数据	森林	28	14	15	57
	水面	1	15	5	21
	城市	1	1	20	22
列合计		30	30	40	100

误差矩阵中对角线部分指某类属性数据与验证数据相一致的样点个数。非对角线部分为经验证后出错的样点个数。上例中共有 100 个样点，正确的样点个数为 28＋15＋20＝63。其余 37 个样点均为出错的属性数据。第一行第二列表示有 14 个样点的真实属性为水面，但在属性数据中却是森林。行合计是属性数据中各个属性值出现的个数，而列合计才应是抽样点中各属性数据应该出现的个数。

（5）计算各种精确度或误差的方法

误差矩阵可以从几个方面进行评价，因而相应地也有许多准确度或误差的指标。下面列出几个常用的指标：

总准确度：对角线样点数之和除以总样点数；

生产者准确度：每个属性值的正确样点数除以该属性值总的验证样点数（列合计）；

使用者准确度：每个属性值的正确样点数除以该属性值的总数（行合计）；

错判误差（Commission Error）：1－使用者准确度；

遗漏误差（Omission Error）：1－生产者准确度。

κ（Kappa）系数

$$\kappa = (p_o - p_c)/(1 - p_c)$$

式中，p_o 为对角线样点之和所占比例；p_c 为同一属性值所对应的行与列的边缘频率乘积之和。

下面用表 2-9 中的例子来说明每个指标的意义。

总准确度为 63 / 100×100%＝63%，即占总样点 63%的样点具有正确的属性。由于数据生产者的主要目的是使每个属性经过验证达到尽可能的准确，因此主要考察正确的属性数据占每个属性验证样点数的比例。我们将这类比例称为生产者准确度。在表 2-9 中森林、水面、城市三个属性的生产者准确度分别为 95%，50%，50%。

对于数据使用者，他们一般没有验证样点，而只能考察正确的属性数据占每个属性总样点数的比例，因而将这种比例的百分数称为使用者准确度。表 2-9 中三个属性的使用者准确度分别为 49%，71%，91%。

由上述可见，生产者准确度和使用者准确度可能差异很大。错判误差是指由于错误判断造成的误差。表 2-9 中任一行非对角线元素都是由于错判而造成的。如第一行的第二、

二列使本应属于水面和城市的样点被划为森林，所以对森林的错判误差为（14＋15）/57＝51%。同理，对于水面和城市的错判误差为29%和9%。

遗漏误差是指本应属于某个属性的样点却被错划为其它属性，就像是被遗漏在该属性之外。表2-9中三个属性的遗漏误差分别为7%，50%，50%。

将表2-9中的数据变换成频率得表2-10

表2-10　误差矩阵频率表

项目	森林	水面	城市	行边缘频率	相应行列边缘频率之积
森林	0.28	0.14	0.15	0.57	0.57×0.30=0.171
水面	0.01	0.15	0.05	0.21	0.30×0.21=0.063
城市	0.01	0.01	0.20	0.22	0.40×0.22=0.088
列边缘频率	0.30	0.30	0.40	p_o=0.63	p_c=0.332

$$\kappa = (0.63 - 0.332)/(1 - 0.332) = 0.454$$

系数κ由统计学者 Cowen 于 1960 年提出，它用于评判两个裁判判断结果是否一致。Congalton 和 Mead（1983）将它介绍到遥感界，用于评判航空像片或卫星像片的解译结果与验证数据是否一致。κ的优点是它可以消除由于随机性带来的一致性（即由 p_c 所代表的部分）。另外从统计上它可以用来比较不同方法所产生的属性数据的质量。例如，两种不同遥感方法都可以产生土地利用图，那么，这两种方法的准确度有没有显著的差异呢？可以将两图与同一组验证数据进行比较，所得到的两个κ系数，κ_1 和 κ_2 是可以进行比较的。这时需要求得 κ_1 和 κ_2 的方差 v_1 和 v_2。v 可用下式求得（Fleiss et al，1969）：

$$v = 1/(N(1-p_c)^4)\{\sum p_{ii}[(1-p_c)-(p_{i+}+p_{+i})(1-p_o)]^2 + (1-p_o)^2\sum\sum p_{ij}(p_{i+}+p_{+j})^2 - (p_o p_c - 2p_c + p_o)^2\}$$

式中，p_o 和 p_c 与前同，p_{ii} 为误差矩阵中第 i 个对角线元素；p_{i+} 为第 i 行边线频率；p_{+j} 为第 j 列边线频率；p_{ij} 为第 i 行第 j 列的频率；N 为总样本数。

检验 κ_1 和 κ_2 的显著性使用正态分布双分位值 Z：

$$Z = |\kappa_1 - \kappa_2|/(v_1 + v_2)^{1/2}$$

这样，显著性的大小可以通过 Z 值在正态分布中所反映的概率置信水平来衡量。例如，当 $Z>1.96$ 时，我们说 κ_1 和 κ_2 在 0.95 概率置信水平上显著不同。

2.9.6　属性数据的不确定性

下面以土地利用类型为例简单介绍一下属性数据的不确定性。假设某地共有城市、植被、裸地和水面四类。土地利用图一般是根据航空像片解译或对卫星遥感数据进行计算机分类得到。熟悉遥感的人都知道，图像像元很少只可能属于某一类土地利用类型。航空像片解译的结果是一个个的多边形。某个多边形往往是合并了许多不同的土地覆盖类型的结果，所以也常常包含其它土地利用成分。例如城市中有水面，但如果水面面积较小，它就被合并到城市类型中。对于其它类型来说，也有同样情况。很少有整片完全裸露的土地；裸地上也多多少少有植物覆盖。当植物覆盖在 10%以下时，整块地都会被分成裸地。可

见，我们最终得到的土地利用图是不确定的。我们难以确定某个土地利用类型中其它土地利用类型到底含有多大的比例，而且这种比例在空间上的分布是变化的。因此，根据这类土地利用类型图所得到的面积统计一般也会有偏差。例如，一块被分类为植被类型的地如果实际由30%的裸地、10%的水面和60%的植物覆盖所组成，在这种情况下如果只记录了植被类型，则有40%的不确定性。如果我们在航空像片解译或遥感图像分类时将其它类型可能占的比例也估算出来，那么就可以大大降低不确定性。如果在上面的例子中我们得到的各类比例为植被55%、裸地28%、水面15%、城市2%，则植被被低估5%，裸地被低估2%，水面被高估5%，城市被高估2%。这样总的不确定性是四类土地利用类型估计误差的绝对值之和，即14%。由此可见对每块的增加记录内容，即由原来的只记录最主要的一类变为记录所有各类的估计比例，便可大大减少不确定性。当然这样做显然会大大增加存储数据的容量。

那么如何估计一个地块中各类所占的比例呢？在遥感中一般使用贝叶斯分类确定每类的概率，用此概率作为每类在像元中的比例（Gong and Howarth，1990）。遥感中求概率的方法已在许多有关遥感图像处理的书中有详细介绍。

2.10 TIGER文件

TIGER文件或TIGER系统是美国人口普查局用于1990年人口普查的地理编码参考数据系统，其英文全称为Topologically Integrated Geographic Encoding Referencing，意为拓扑整合的地理编码与参考系统。建立TIGER系统大约耗费美国1980年和1990年两次人口普查总费用的15%（Marx，1986）。TIGER中的拓扑是指该系统使用拓扑学、图论以及其它数学理论对空间的点、线关系进行描述从而确定一个地理范围。整合意为将街道、河流、铁路、边界等地表特征的位置及其关系与人口普查的各类地理范围和普查内容统统联系起来，并使它们融入一个唯一的数据库中；地理指的是各级普查和行政范围；编码是指将各种相关的地理特征以计算机可读的形式表达出来；参考指的是TIGER数据对各级政府、私营企业和公众的参考作用。

建立TIGER系统原是为了达到以下目的：

（1）建立并维护一个覆盖美国所有领土的数字地理数据基础；

（2）美国生产用于普查局查计和发表报告的地图；

（3）能够给由地理特征所构成的多边形为基础产生的普查地段和地理区域赋予独立的地址。地理特征包括道路和河流。

为了使TIGER数据库在GIS或其他地理应用中发挥更大作用，美国人口普查局已经向公众发放了数个版本的TIGER数据集。以TIGER线性要素文件为基础的有关人口普查数据集包括TIGER地理名称文件、人口汇总概况文件（STF）、有选择的区域性人口数据文件（PL-94-171计划）、TIGER空间数据转换标准数据（SDTS）、TIGER限于城市地区的文件、TIGER国会地区文件以及各类以县为单位的分割文件。TIGER文件系统的核心部分是TIGER线状要素文件，其内容包括：①线状特征：道路、铁路、水文、边界以及各种交通设施和选择性的电线和管线；②地面标志：点状特征如学校、教堂；面状特征如公园和墓地；③多边形：用于1990年普查统计制表的各种地理范围及编码；面状地面特征的位置线状特征和多边形信息是TIGER线状要素数据文件的主体。点状和面状标示符

用于标记地面标志。地面标志便于实地普查人员开展工作。

TIGER 系统与其他人口普查数据相连。这些数据包括年龄、性别、种族、婚姻、教育程度、出生地、国籍、入美日期、母语、生育、职业、就业部门、工作地、年收入、住房条件等。TIGER 系统的地理分区有两种：一种是有法律意义的行政区域，如州、县、选区、邮码区等；另一种是为方便普查或统计而设立的，如大区、小区、标准都市统计区、城市区、普查地段、查点区（Enumeration District）、街区组和街区等。TIGER 已被广泛地应用于包括银行、房产、电话、邮购以及制造业等许多社会层面（谢一春和林戈，1993；黄奇，1996）。

TIGER 是在 1970 年的地理编码指南（ACG）和 1980 年的地理基础文件／对偶独立地图编码文件（GBF／DIME）的基础上发展起来的。DIME 文件的结构已有详细的中文介绍（黄杏元和汤勤，1989）。表 2-11 列出了美国人口普查局的主要地理区域和普查内容（Dent，1996）。

表 2-11　美国人口普查局主要的普查数据

项目	人口与住房普查		政府普查	经济部门普查						
	区域报告	主题报告		零售	批发	服务	制造业	矿业	建筑业	农业
美国	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
大区	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
小区	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
州	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
都市区	a	a	a	a	a	a	a			a
城市区	a									
县	a		a	a	a	a	a			a
合并区	a		a	a	s	s	s			
指定普查区	a									
居民小区	a		a							
县内普查区	a									
普查地段	a									
查点区	a									
邮码区	a									
街区	a									

注：表中 a——所有区域；s——选择区域。

TIGER 文件的应用经历了三个阶段（见图 2-28）：产生、更新、应用维护。图 2-28 中的地址区域和地址表均是美国人口普查局传统用于普查的地址清单，在应用改进阶段普查员按普查局计算机绘制的地址地图进行实地调查验证，然后将需修改的信息反馈给人口普查局以便对 TIGER 数据文件进行改正。

TIGER 文件实际上由许许多多的文件连接在一起，由于这些文件被整合在一起，因而它们的作用远远超过了所有单个文件之和。任何地图特征、地址、区域信息和地理编码的变化只需更改一处则所有与该变化有关的其它文件都同时被更改。例如，某个街名在地图上被更改后，相应于地图编码地址表和打印的报告中的同一街名都同时被修改。

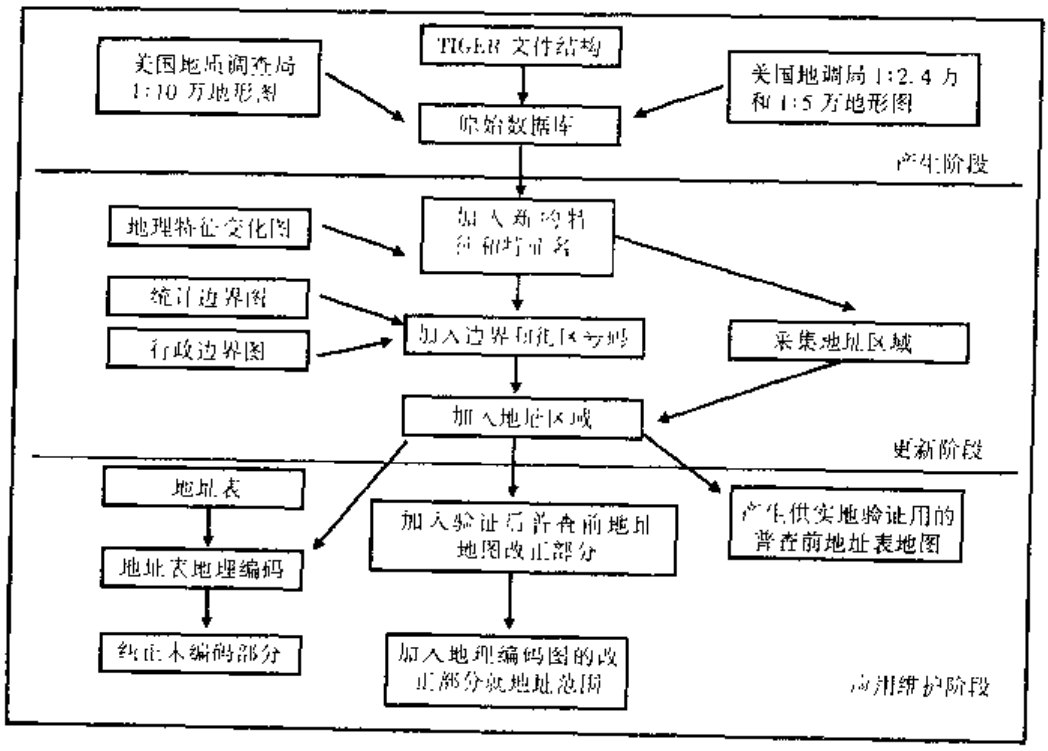


图 2-28　TIGER 数据的产生过程

TIGER 整合各种类型数据的基础是三种几何单元：零维单元、一维单元、二维单元。这三种单元不只代表点、线、面，而且有更特别的含义：零维单元只代表地表线状特征的交点和端点，而不是一般用于表达形状或其它类型的点；一维单元只代表连接两个零维单元的线，而不代表任何线的形状；二维单元只代表一组相连的一维单元所构成的最小面积，一组二维单元可用来定义地理范围。

TIGER 文件的核心部分由三个表组成，即：零维单元表、一维单元表和二维单元表。数据结构还有对应于零维单元和二维单元的索引（图 2-29）。因为访问一维单元表主要靠一维单元的端点，其周围区域的编码或是一维单元的属性，所以有必要建立一维单元索引。每个索引按一种便于迅速访问又优化存储的 B-树结构进行储存（B-树是一种标准化的计算机索引数据结构）。一般进入 TIGER 文件是通过上述的两个索引然后到达相应的表和其它关联表。与这三种表相关联的是所有的普查数据表。

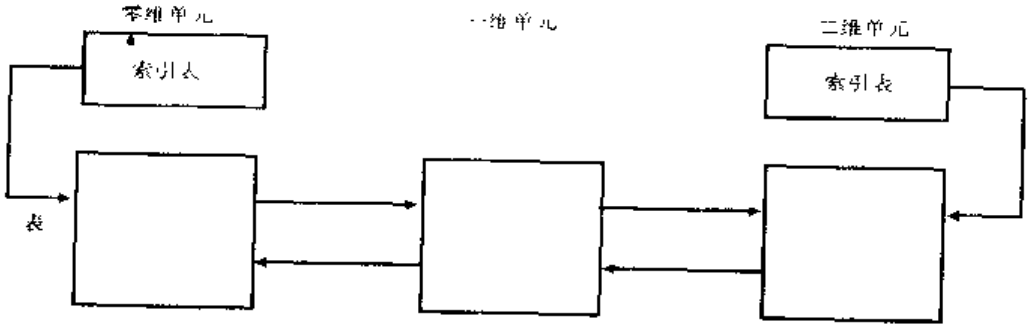


图 2-29　TIGER 文件基本结构

零维单元文件包含地图上所有特征交叉点和端点的坐标。零维单元的两个基本文件即索引和零维单元表（图 2-30）。经零维单元进入 TIGER 系统始于零维单元索引。该索

引对每个零维单元有一个记录，它仅提供从索引到表的单向通路。

零维单元的主要目的是对任意给定的点迅速找出其 TIGER 文件中最近的点，为此索引按 Peano 码的大小排列零维单元。将经纬网转换成二进制码，然后在将这两个二进制码从最高位起按经纬坐标次序逐位排列合并成一个新的二进制数存入一维数组。这个新合并的二进制数便是 Peano 码（图 2-31）。

零维单元索引中的每个记录只需存一个 Peano 码以及对应的零维单元到零维单元表的指针。有时为了实际使用的方便，可以增加索引中每个记录的字段数。零维单元表中的记录含有更多的数据字段和指针。在零维单元表中计算机随机地存储记录。每个零维单元仅对应于一个记录。该记录包括 x，y 坐标、一些选入的属性项、一个指向零维单元属性表的指针、一个指向一维单元表中以该零维单元为端点的一维单元的指针。尽管一个零维单元可构成数个一维单元表的端点，零维单元表中只记录一个指向一维单元的指针。指向其它共享该端点的一维单元的指针记录在一维单元表中。这种“穿线”的方法可以节省计算机存储，因此 TIGER 文件中大量使用这种方法。

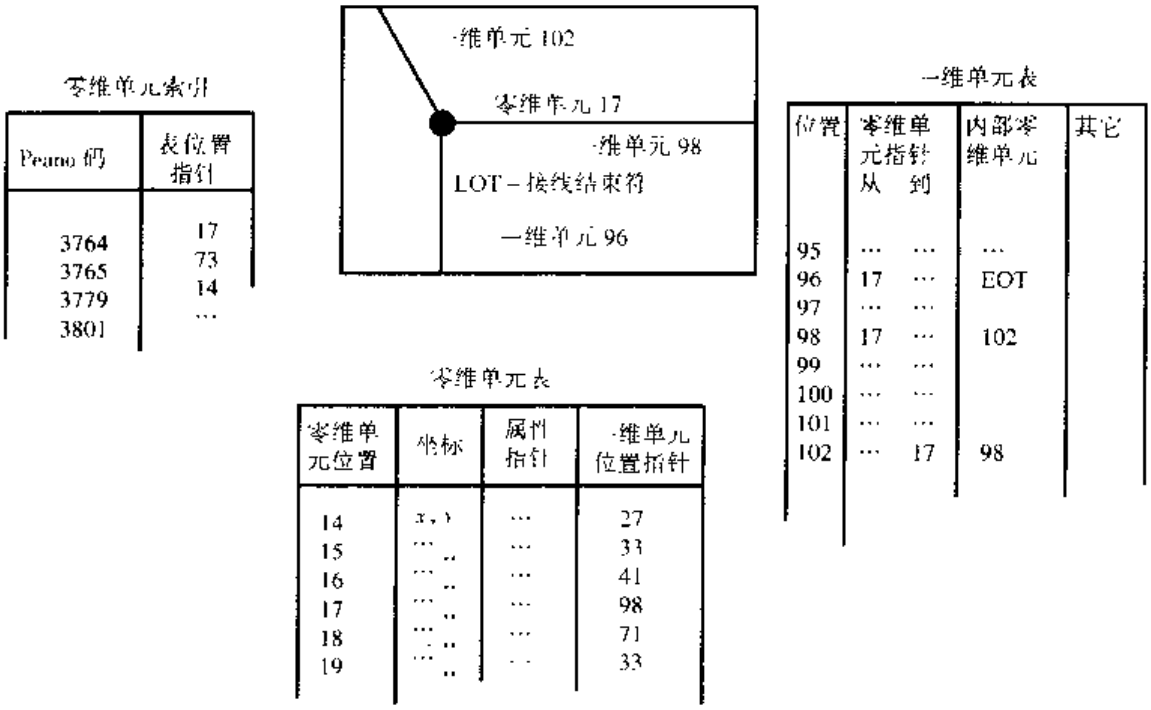


图 2-30　零维单元索引及相关的表

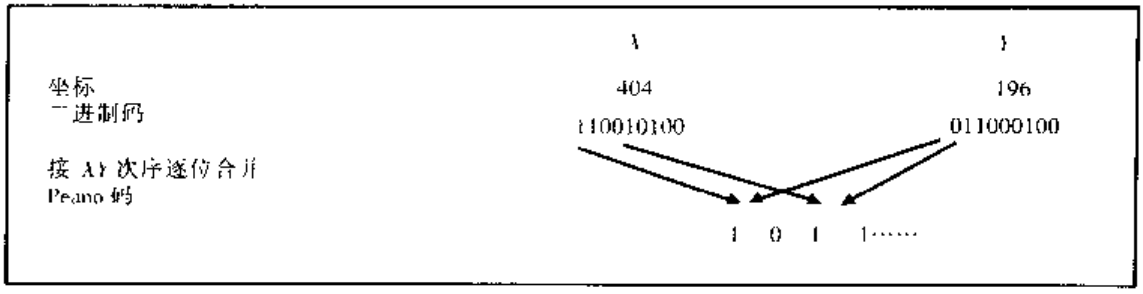


图 2-31　Peano 码的产生办法

二维单元索引和二维单元表也只用单向指针。最小的二维单元称为“原子单元”，它是在将所有的线状要素叠加到一起之后产生的不可再分的二维单元。通过二维单元进入TIGER文件使用二维单元索引，再由索引进入二维单元表。二维单元索引按顺序排列二维单元。二维单元表中的记录仍是随机存储。每个记录包含着数个数据字段和数个指针。每个二维单元记录中的指针可指向更高层次的地理区域文件，如1980年和1990年的普查表。还有一个指针指向一维单元表中，所指的一维单元是该二维单元的一个边。二维单元所含的其它一维单元均通过“穿线”的方法记录在一维单元表中。当二维单元表中的每个记录太长时可以产生一个二维单元描述表，在描述表中存放较少使用的内容，如二维单元的中心、边长、面积或人口计数（图2-32）

1980年和1990年普查表中存储的可识别的行政和统计区域被称为“覆盖”。每个“覆盖”包含着一组地理编码标识符。每个覆盖实际上是由许多最小的二维单元组成的一个超级集合，这样做有利于按特定区域制表。覆盖的记录定义所有其它的制表单位。覆盖的记录存入一个覆盖表中。一个覆盖表又对应着一个覆盖索引。在覆盖索引中存着指向二维单元表中本覆盖区域中的某个二维单元。

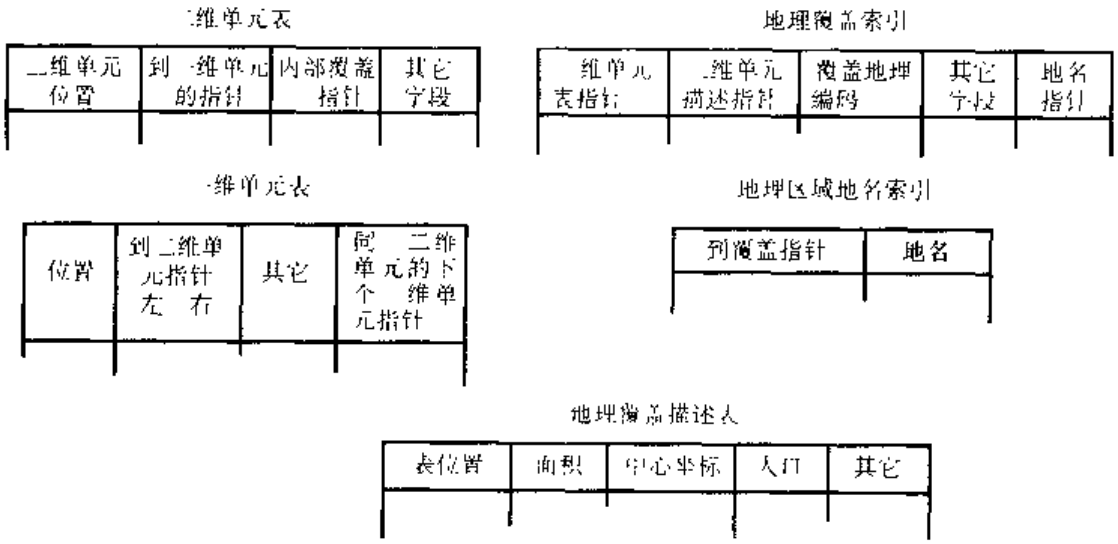


图2-32 TIGER文件中二维单元的关系图

计算机中可以产生各种以指针为记录内容的覆盖索引，以便于访问覆盖表。每个覆盖索引按访问的要求有顺序地排列指针。由于一个覆盖索引不可能满足各种访问的需要，所以应使用多个覆盖索引。覆盖索引指向覆盖表，覆盖表指向二维单元表。

一维单元连接着零维单元并构成二维单元的边界（图2-32）。一维单元代表着TIGER文件中的线状特征。一维单元表随机地排列着一维单元，一维单元表中的记录还包含着地物特征属性值和指向含有其它属性值的文件指针。同时每个记录还包含着到零维单元和二维单元的指针，以及到曲线描述表、一维单元描述表和一维单元表中其它记录的指针。这些指针在一维单元表中通过“穿线”的方式将所有TIGER文件中的内容连接在一起。许多一维单元共有的属性存在单独的属性文件中，如一条街道一般有许多一维单元组成，所有一维街道有专门的文件：一种是街道名称索引，一种是街道名称表。名称表中一个街道名称只指向一维单元描述表中的一个一维单元记录。这个名称又在一维单元描述表中由“穿

线”方法将所有同名的一维单元连接起来。但是一维单元描述表也有指向一维单元名称表的指针。使用较多的属性字段一般存放在一维单元表中，较少用到的则存放在一维单元描述表中。这两个表中指针互指同一个一维单元。还有一个从一维单元表中指向曲线表的指针。这个曲线表列着描述该一维单元形状的所有坐标。为了加快查询速度，每一个一维单元记录中还有一个字段用于存放一维单元的最小矩形。这个最小矩形将一维单元的所有坐标都包含在内。

以上介绍了 TIGER 系统的核心成分。TIGER 系统除了有用于维护和更新数据库的程序外，还拥有一系列其它的程序，如自动生成控制子系统，用于记录所有文件的存入时间，分配磁带空间，产生文件标签，记录文件中每个记录分割的状态和生成文件状态报告等。由于 TIGER 文件太大，所以不可能将整个文件同时存放在计算机中，因而经常需要将分割出来的不同区域从磁带上读入或读出，同时 TIGER 系统中还有地理编码和制图的程序。

第三章　GIS 数据库设计

GIS（GIS），是 GIS 软件、硬件、人和数据的高度综合体。数据是人和软件操作的对象，存储于硬件设备上。一个数据库组织的有效程度将对整个 GIS 系统运作的成功与否起决定性作用。数据的组织则属于数据库设计的范畴。

本章介绍 GIS 数据库设计的详细过程。这种设计过程流行于北美，并被证明是一种较完善的实用方法（ESRI，1992；Date，1995；Huxhold，1991）。同时介绍一些对整个设计过程的实践与体会，有助于读者对这个设计过程有一个全面又详细的了解。

学完本章后，将能够更有效地与用户交流以了解和评价他们的需求，进而以此为指导来分析和评价空间和属性的数据源，从而对 GIS 数据库进行概念和详细的设计，并制定数据库的自动化实施计划。在试点项目完成以后，实施整个数据库开发。

3.1　GIS 数据库及其设计

3.1.1　GIS 数据库

所谓数据库，是在计算机存储设备上合理存放的相互关联的数据集（Date，1995）。GIS 数据库则是对空间数据合理存放的一个集合。一般来说数据库的集合存放有下面几个要求：

（1）最小冗余度原则：数据尽可能不重复。

（2）应用程序对数据资源的共享原则：以最优的方式服务于一个或多个应用程序。

（3）数据独立性原则：数据的存放尽可能地独立于使用它的应用程序。

（4）统一管理原则：能够用一个软件统一管理这些数据，例如对数据的维护、更新、增删和检索等一系列操作。

一个 GIS 数据库所服务的范围常常很广泛，例如一个城市的地理数据库可能要同时服务于城市规划、地籍管理、基础设施管理、城市税收、环境保护、火警控制、公安、土地使用、城市交通管理等各部门。而各个部门对同一种数据的要求可能有所不同。以一个城市的地块数据为例，城市规划部门需要掌握各地块的特定使用类型，是居民用地，还是商业用地或其他；而环境保护部门则需掌握各地块是否是污染地区或被污染地区；交通管理部门则关心各地块的交通状况和道路状况；火警部门则需要掌握从火警站点到各个地块的路径信息及各地的易燃性；土地使用部门则需要掌握各地块是否按规定进行使用；税务部门则更关心从各地块上能何时收回多少税。

GIS 数据库是一个共享或分享式的数据库。对于一个数据库，不同用户的要求和使用方式均有不同，有时甚至是大相径庭，因此数据库中的数据应该依其本身的特点进行组织，

而不应因使用目的的不同而不同。另外，数据库的结构应当反映出各不同用户的要求，支持各种应用程序和目的。这便是分享式数据库的一个主要的特点，即与各种应用程序的相对独立性。

分享式数据库的优点可以从以下几个方面来概括：

（1）灵活性增强。因为分享式数据库独立于各种应用程序的要求，所以可以被任何应用目的所用。

（2）用户应用程序的共同开发。因为数据库的共享性，使得其开发过程和费用的共享性也变得合理。这样，相对于各个数据库的使用者来讲，其开发的费用相对降低，而使用范围却得到扩大。

（3）维护的分享。各部门可以通过协调来对数据库进行共同维护和更新。

（4）减少数据的冗余度。因为数据库中的数据独立于各类应用程序，所以各部门均可以用同一标准使用某类数据。这样同一种数据（例如地块数据）只需要被存贮一次即可。维护和更新也只对一种版本的数据进行，保持数据的现适性。

3.1.2 GIS 数据库设计的概念

数据库设计是一个复杂、繁琐的过程，它通常要求包括：制定整个数据库的使用目的和目标，分析和评价各种设计方案和雏形试验。例如，在给一个机构开发数据库时，首先要鉴别该组织机构的长期和短期发展方向，了解数据库使用的目的，了解目前存在的问题和制约因素，然后制定出各种可行性方案，测试各种方案，根据测试的结果来计划总体数据库实施方案。

GIS 数据库的设计又要有更多的考虑，因为地理数据有矢量和栅格之分，各种数据又同时具有空间和属性的特征，有的还有时间上的信息特征，各种特征的信息可能要用不同的结构来表达。各类数据的开发可能是使用不同的 GIS 软件来完成的，这样数据的格式也各不相同，一个数据库可能要求容纳各种各样的数据类型和格式。如何有机地将这些考虑结合起来，也是一个 GIS 数据库设计成功与否的关键因素之一。

GIS 数据库的设计应该既考虑数据的特征，又兼顾应用目的。仅依据数据特征来进行 GIS 数据库设计的方法会忽略了用户将如何使用这些数据的部分，所以这样设计出的数据库常常无人问津。按照应用目的设计的数据库是根据用户的使用目的来对数据库进行设计，假若对数据的考虑加强一些，便可以使设计出的数据库既充分利用了技术上的优势，又兼顾了用户的应用目的。

3.1.3 应用目的驱动的 GIS 数据库设计过程

数据库的设计方法，随数据库的类型、大小、复杂程度和使用时间的长短等因素的不同而不同（Healey，1991）。只要能将所有的数据有效、合理地存储在数据库中，并能够满足用户的要求，无论怎样的设计方法都可以。但是为了达到这一目的，在设计过程中通常有一些共同的步骤和思路，一般来说，无论哪一种数据库的设计，不外乎以下几个步骤（ESRI，1992）：

第一步 需求分析

需求分析是一个很费时的过程，主要要求数据库开发者与最终的各类用户进行面谈，

以了解用户对数据库的使用目的、要求和日常的操作任务等。它包括了解所有与 GIS 有关的信息，例如用户、数据、输入和输出、安全问题、硬件、软件和管理等。需求分析的过程也常常是对用户的专业教育过程，在帮助用户认识其需求的过程中，同时帮助他们认识 GIS 的各种潜在能力。需求分析将在本章第 3.2 节中做详细介绍。

第二步　原型概念化设计

在了解和分析了用户需求以后，GIS 数据库的设计者便可以确定数据库的内容及各类数据在库中的组织及逻辑结构。目前根据各种 GIS 数据开发软件及硬件的不同，有不同的数据库模式。例如 Arc / Info，SDE，MGE 和 MapInfo 等，分别有自己的数据模型，根据需求分析的结果，在做概念设计时要使用不同的数据库模式以反映软硬件的要求。本章第 3.3 节对概念设计做详细介绍。

第三步　GIS 数据库的详细设计

详细设计是根据所选择的数据库模式，将数据库中的各类数据及数据间相互关系表达出来。这部分内容将在本章第 3.4 节做详细介绍。

第四步　自动化方案制定

自动化方案制定是根据数据库详细设计的要求，制定数据库存储和建立的自动化方案。本章第 3.5 节将对该步骤做较详细的介绍。

第五步　试点项目实施

为了测试所设计的数据库是否合理可用，常常需要先选用一个小样区来将整个数据内容建库，并测试各种设计，功能和灵活性等。这样既可帮助用户了解将获得的数据库的各种状况，又可使开发者在评定设计方案的可行性的同时，了解下一步实施的过程。原型试验将在本章第 3.6 节做较详细的介绍。

第六步　数据库总体实施

在设计和试验项目完成之后，就到了数据库的整体实施。这是一个在时间上相对较长的阶段，要求实施要按照一定的顺序统筹进行。我们将在本章第 3.7 节对这部分内容做进一步的介绍。

3.2　用户需求分析

用户需求分析，使 GIS 数据库的开发者可以明确地了解系统的用户对数据库内容和行为的期望和要求。在这一过程中，GIS 数据库的开发者应该主要了解下面的内容：

（1）明白即将开发的 GIS 所支持的各种功能。

（2）了解系统要求的数据内容和行为。

（3）了解数据之间的关系和优先次序；这些信息有利于制定数据库的开发实施计划。

（4）了解数据库和 GIS 的整体要求和蓝图。

需求分析的过程实际上是一个继承与发展的过程。“继承”是首先要求全面调查、了解目前组织机构内的常规工作，理解其间的运作及关键性步骤。继承的过程是一个学习和认识的过程。以对各类数据内容和行为进行调查的方式为主。“发展”则是基于对现有的数据和机构组织理解的基础之上，用新的观点和 GIS 的技术来更有效地完成同样的日常任务。有时这种发展的过程只是简单地提高工作效率，而有时可能是天翻地覆的变化，甚

至会引起整个机构全面改革，所以发展是一个改革和创新过程，该过程以分析和创造为主。

3.2.1 现状调查

现状调查的目的是学习、了解机构内现有的运作，通常可以采用以下方式：①面谈；②电话访谈；③参观；④问卷；⑤索取有关的资料并加以学习和理解；⑥GIS 专题报告等。这六种方式经常被结合起来一起使用。一般来说，应该以参观和面谈开始，参观不仅可以对机构的组织和运作得到感性的体会，还可以找到较适当的接洽人以便各种后续工作的开展，在参观一个机构之前，GIS 专家应该准备出一套表格和备忘录，以便在参观过程中一一了解。参观的目的是为了对一个机构的总体情况做一个粗略但全面的调查，然后可以根据参观的结果和所取得的材料制定下一步应采取的方案，详细的问卷调查方式和面谈方式又常常是更详细地了解具体情况的好办法。这两种方式均要求 GIS 专家将参观、了解到的各种信息分门别类地加以组织，然后制定出新的具体问题，将由机构内的各类有关人员帮助详细作答。这种问题的提出常常需要有经验的 GIS 专家来制定，问题提出的质量直接关系到信息获得的质量。

面谈和电话访谈又要求 GIS 专业人员有很好的人际交流水平。在西方国家里，有人际交流水平的专业人员是一种财富，具有更高的价值，所以 GIS 专业人员不仅要技术上保持优势，也应该在各种人际交往技巧上加以训练。只有这样，才能在工作上做到左右逢源、游刃有余。

面谈和电话访谈的一些常用技巧，这里也简单作一介绍：

（1）在访谈以前将各种问题以表格、问卷或其他书面形式写出来。

（2）避免不必要的细节，着重了解预定的内容。

（3）整个访谈应由 GIS 专业技术人员掌握，控制进度，保持良好的访谈气氛。

（4）尽可能在对方工作的地方进行，以便对方可以随时提供必要的资料和过程。

（5）让对方告知轻重次序，以便于在实施过程中决定执行次序。

（6）注意负面意见，但不要急于作答

（7）对于自己不熟悉的领域可以使用录音、录相、照相等，但要征得对方允许。

索取资料是可以多次使用的一种方式，它可以贯穿在整个需求分析过程中，参观、访谈之后均可能会或多或少地索取相应的文件和资料。

以上前五种方式均是由 GIS 专业人员向 GIS 数据库的需求机构了解和获取信息。第六种 GIS 专题报告则是由 GIS 专业人员输出信息。这一步通常是极为必要的，尤其是在对大型数据库建设过程中，要求有多个部门参加的机构。通过报告，GIS 专业人员可以将 GIS 的基本知识、各种功能、优点介绍给用户，使他们对 GIS 有一个清楚的了解。该步骤通常应发生在面谈和问卷以前，在参观之后。GIS 专业人员可以在报告过程中使用各种报告讲演技术，也可以展示以往成功的系统，以给用户更感性的认识，在报告过程中应鼓励用户提出各种问题，并以通俗的语言做答，同时报告会的参加人数不应太多，以便确保效果。

各种访谈方式的优劣可以从表 3-1 中看出，读者可以根据自己当时的具体情况来决定使用哪种方法。

表 3-1　访谈方式特性及使用场合

使用场合	方式	优点	缺点
开始阶段	参观	直观、全面	对人员要求较高，不够灵活，计划性差
参观之后 问卷之后	面谈	详细、具体	因人而异
辅助性补充	电话访谈	方便、易行	视觉效果差
参观之后	问卷	灵活、计划性强	内容受到限制

3.2.2　需要了解的内容

在信息获取过程中，所需要了解的内容是多方面的，通常可以分成机构的组织模式、日常操作、数据、专业人员、软件和硬件这六大类。每类问题又可以分成现有状况和期望状况两种。表 3-2 列出了各类常用问题供读者使用。

表 3-2　常用的各类问题

类别	状态	问题
机构组织	现在	①现行机构的组织结构？有关的部门有哪些 ②各组织的职责及执行的任务 ③是否有什么不足或缺陷 ④短期内有什么变动 ⑤现行机构的书面材
	将来	①是否有改变缺陷的计划 ②新的 GIS 系统实施以后有什么机构变更 ③是否有书面计划 ④资金状况如何
日常操作	现在	①各部门的日常工作职责是什么 ②各日常工作的流程？每天、每月、每年的工作是什么 ③各项工作的优先次序 ④目前的问题及需解决的优先次序 ⑤有关的书面资料
	将来	①理想的工作流程是怎样的 ②是否有新的职责加入？若有，优先权如何 ③是否有书面资料 ④长短期的变化又怎样

类别	状态	问题
数据	现在	①目前使用的各种数据的种类，内容及表达方式 ②问题是什么 ③数据样本 ④各种数据使用的频率，更新和维护的方式 ⑤数据与各常规任务的关系 ⑥数据在机构间的流通程序 ⑦各类数据重要性程度如何 ⑧共享性如何 ⑨各类数据清单
	将来	①数据的内容，种类和表达方式需要有哪些变化 ②是否有新的数据，若有与各常规工作的关系怎样 ③是否有书面的材料或样本 ④各类数据清单
专业人员	现在	①日常的各种任务分别是由哪个部门的哪些人来完成 ②人员的专业知识水平和对 GIS 的理解 ③人员设置的缺陷 ④各类人员的联络方式 ⑤技术人员共享性如何
	将来	①是否会有人员的变动 ②是否专业水平能够有提高的潜力，对新技术的态度如何 ③专业人员对其日常工作的理想情况如何
系统软件	现在	①现在各种在用的软件有哪些？分属哪些部门 ②目前设置的缺陷 ③网络功能如何 ④共享性如何 ⑤软件清单及目前放置一览表
	将来	①需要增减的软件可能是哪些？何时会发生 ②是否有资金来增减设施 ③对软件的倾向性怎样 ④理想软件清单 ⑤软件的优先次序 ⑥软件设置一览表（理想状况）
系统硬件	现在	①现行各种在用的硬件有哪些？分属哪些部门 ②目前设置的缺陷如何 ③网络功能如何 ④共享性如何 ⑤硬件清单和连接总图
	将来	①需要增减的硬件可能是哪些？何时会发生 ②是否有资金来实施增补 ③对硬件的倾向性怎样 ④硬件设置一览图

3.2.3 调查内容的组织和分析

在花费大量时间收集到各种信息以后，接下来需要做的则是信息的组织和分析，然后将分析组织的结果以某种方式表达出来。信息表达的方式通常有以下几种：

（1）现有机构的组织结构图；

（2）现有机构的功能示意图；

（3）现有机构的人员组织及功能示意图；

（4）现有数据内容及来源清单；

（5）现有数据及其功能参照表；

（6）现有软硬设备关系图。

除了对现存的状况进行综合分析外，还要将计划的将来状态表示出来。除了对应上面6种内容以外，还应当包括下面三种：

（7）人员培训计划；

（8）GIS的输出产品；

（9）实施的进度计划。

这里需要说明两点：①常常对将来的计划模式不只是一种，很可能多达四五种，这时应该将这几种选择方案同时表达出来，并从技术和组织的角度分析其利弊，然后由用户自行决定采用哪种方案。②以上列举的各种报告内容可根据项目的复杂程度做相应的删减，有些部分甚至可以直接用客户提供的资料，例如现有机构的组织结构图。

通常各种分析的结果要写成报告，并提出改革的可行性方案。需求分析结果报告通常要包括以下几个部分：

（1）机构运作的逻辑数据流程图

该流程图通常是集部门组织结构和功能于一体，除了各种主要数据处理过程以外，还包括数据的输入和输出、各功能的接口界面和数据转换。这种流程图一般要表达以下内容：

1）对于整个数据流程的每步过程，数据的输入是如何转换成数据的输出；

2）每项处理均要用标号标明，并有部门的注明；

3）各主要处理均应当以任务的形式出现；

4）各主要处理的步骤应简单明了地注明。

在需求分析报告中，一般要有现有机构的运作和未来机构的动态流程图两种。下面使用的例子取自于加拿大艾伯塔省土地信息系统网络项目，因为该项目极为庞大，这里只是选用其中测量部门的各类大地控制点数据的产生和维护的过程流程（MDA，1992），其中LSCRS是该省现存的一个大地测量控制点文本数据库。图3-1和图3-2分别为在GIS实施前后的逻辑数据流程图，从两个图中可以一目了然地比较出使用空间数据库（SDB—Spatial Data Base）以后整个过程的变化。

（2）GIS功能加入后的各种产品

各类GIS产品通常可以包括地图、报表、文件、应用软件包、屏幕查询或是更新的数据库等。该部分应描述得尽可能详细，原因是产品通常是用户尤其是管理层的人士更关心的问题。假若可能的话，各个产品应该有一个样本以便给用户以更感性的认识，这些样本应与有关部门人员讨论而定。

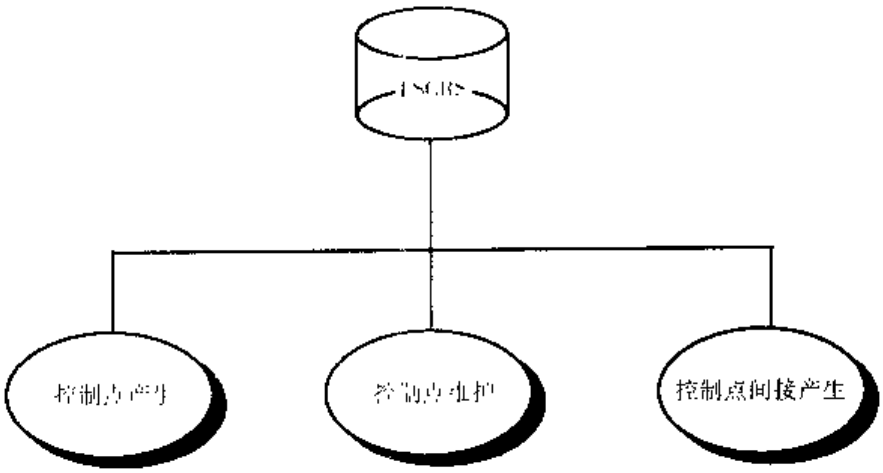


图 3-1　现有运作逻辑数据流程图

（3）硬件资源表

该表可列出现有的硬件资源清单，通常包括下列内容：硬件名称、操作系统、主要功能、所属部门、运行状况等。

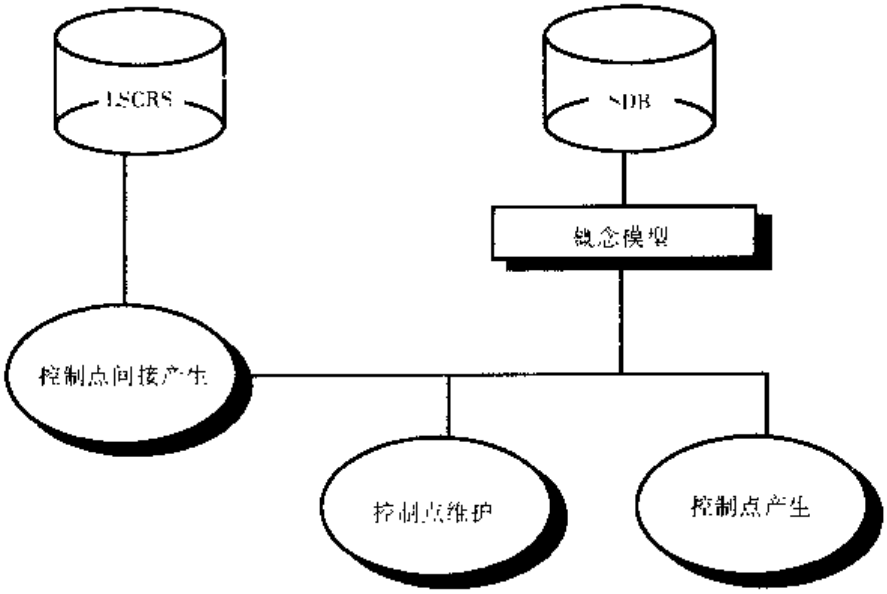


图 3-2　计划的机构逻辑数据流程图

（4）软件资源表

软件资源表列出所有的或未来的软件资源清单。该表通常包括下列内容：软件名称、所属单位、操作平台、主要功能、参与的应用、运行状况等。

（5）专业人员清单

该清单是机构内专业技术人员一览表，主要包括：人员名称、所属部门职务、主要职责范围、技术优势、经验层次、目前工资等。记录各专业人员的工资层次对于了解专业人员的技术潜力和项目预测时均会起到重要的参考作用。

（6）数据功能参照表

顾名思义，该表表示各类功能与各种数据之间的关系，样本见表 3-3。

表 3-3　数据功能参照表样本

功能	总体规划	地籍图	土地利用图	土地发展规划	分区图	交通规划图	税务数据库	火警站
土地利用规划	O		O	I			I	
交通规划						O		
火警服务								I
地籍管理		I/O						
税收		I					I/O	
城市规划			O					

注：表中 I 代表 Input，即输入；O 代表 Output，即输出；有时某类数据可能既是某功能的输入又是其输出，则用 I/O 表示。

数据功能参照表可以帮助分析数据重要性的优先程序。只要功能的优先程度得以确定，那么从表中很容易得知相应数据的优先程度。该表在制作过程中也应与有关部门进行交流讨论而定。

（7）数据来源清单

数据来源清单列出一个机构内所有数据的来源、格式、目前完善程度等有关信息，样本见表 3-4。

表 3-4　数据来源清单

编号	数据名称	部门来源	主要形式	数据格式	完整性	主要特征	主要属性	来源比例尺	数据量	地图投影	精度	元数据	备注
1	土地利用	土地利用	地图	Arc / Info	中等								需更新
2	等高线	基础部	航空像片	DXF	很好								
3A	普查北京	普查组	图表	DBF	很好								
3B	普查上海	普查组	图表	DBF	很好								
4	…	…	…	…	…								

从表中可以看到同一类型的数据集可以使用同一主编号，例如普查数据都用 3 为主编号，各不同地区用英文字母区分，这样可以使后续分析更简便。该表还可以提供有关哪些部门生产哪些数据的信息。

（8）部门功能清单

部门功能清单列出所有参与的部门及它们的主要功能。通常这些信息均可以从用户处获得，只要将所有获得的信息全部列出即可。表 3-5 是该清单的样本。

表 3-5　部门功能清单

部门	联络人	联络信息	下属部门	主要任务	日常责任范围
城规	张××		规划	城市规划	…
	刘××		制图	…	…
测量	王××		…	…	…
…					

3.3 概念化设计

数据库概念化设计是从抽象的角度来设计数据库，其内容包括：决定数据库的数据内容，选择适当的数据模型，各数据内容如何在库中组织并如何将设计的内容写成报告。概念化设计中还要考虑整个数据库的冗余度、一致性和完整性等。

通常对 GIS 数据库的概念化设计包括以下几个部分：

（1）数据库的宏观地理定义：主要指对数据库比例尺、地图投影和坐标系统的定义。

（2）数据库的地理特征设计：对于各种地理特征在数据库中以什么几何形式表达进行设计。该部分的设计通常与数据使用要求有关。

（3）数据库表格及其关系的设计表达：对与地理特征有关的属性数据在数据库中表达方式的设计。

（4）数据库总体设计的评定：根据数据库的应用目的和数据内容及使用方式来评价前面一步的设计结果，进行统筹的考虑。

（5）数据库概念模型的起草：将 GIS 数据库的概念设计起草成正式的文件，作为后面详细设计时参考。

3.3.1 数据库的宏观地理定义

宏观地理定义通常包括以下三个内容：比例尺、地图投影和坐标系统。

（1）比例尺

比例尺是指地图和地表上长度的对应关系，它是地图或数据精度和详细程度的标志。小比例尺的地图通常要比大比例尺地图的精度低。决定一个数据库的比例尺通常取决于用户对数据精度的要求。在需求分析中数据库开发者已经能够了解用户的需求，据此数据库的比例尺也就不难定义了。

实际上，一旦地理数据被输入到数据库中，用户可以将数据用任何比例尺进行显示，所以常常会听人们说数字化的数据是没有比例尺的就是这个原因。但是用于产生这些数字化数据的原始图件是有比例尺的，而原始图件比例尺的大小决定着一个数据库的精度。因为幅面太小的小比例尺地图覆盖的面积要比大比例尺地图大，而大比例尺地图包含的信息则比小比例尺的地图详细。例如，一幅 1∶10 万的地形图所覆盖的面积可以用四幅同等大小的 1∶5 万的地形图来覆盖。

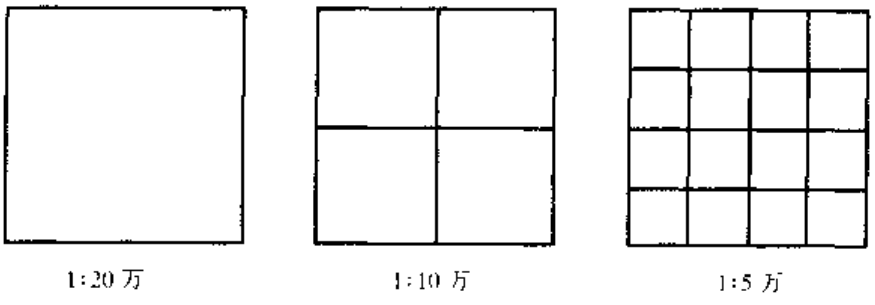


图 3-3 不同地图比例尺的关系

图 3-3 表达了地图比例尺之间的关系。从图中可以看到，地图幅面数是随着比例尺的减小而成指数增长的关系。这些关系对地图生产和数据数字化的费用预测也适用，所以对整个数据库比例尺的选择是整个造价最有影响的因素。

在决定一个数据库的比例尺时，不一定整个数据库均使用同一标准，根据数据的种类及其在 GIS 中用户要求，各地理特征可以不同的比例尺而存在。当一个 GIS 应用会同时需求大小比例尺数据的情况下更应如此。但用户应该了解在使用不同比例尺的原始数据做 GIS 分析的时候，分析结果的精度是与更小比例尺数据的精度一致的。

地图数据比例尺的大小也直接影响地理特征的几何分辨率。大比例尺地图上的地理特征在小比例尺地图上可能会被简化、被综合，甚至不予表示。这在地图学上称为地图综合。地图综合有一整套原则，各个国家的原则不尽相同，但无论哪种原则，究其核心，都取决于主观判断，因为地图不仅是一种技术，也是一种艺术；不仅要求技术上的合情合理，又要求艺术上的美观易读（Robinson，1985）。

不同比例尺地图上的数据有不同的分辨率，在 GIS 数据库中会造成某些技术上的困难。以地形图中的等高线为例，1∶1 万地形图中各计曲线的间距是 10m，而 1∶5 万地形图中计曲线的间距是 50m。当两种比例尺的地图被数字化到 GIS 数据库里以后，不可避免地要进行图幅的拼接。这一过程中，因为每 5 条 1∶1 万图的等高线中匹配一条 1∶5 万图中的等高线，又由于不同比例尺中地图精度的不同，有时会很难找到相邻对应的等高线；即使找到了，相邻等高线也通常不会自然地连接起来，常常需要手工编辑。

多种比例尺原始地图数据的同时使用常常引起的另一种困难，即冗余多边形的问题。同一个地理区域中的某些内容在不同比例尺地图中可能均有表达，但因为精度和分辨率的不同，使得该区域内地理特征在两种比例尺图中不相吻合。例如在做林业清查图时通常会有林区的行政编号多边形信息，林业清查图的比例尺一般会比该地区的行政边界图的比例要小，这样在做 GIS 中的叠加分析时，因为行政边界在两种比例尺图上不相吻合，会产生出无数细小的多边形，这种多边形在真正现实世界中是没有意义的，其存在于数据库中却反而大大增加数据量，从而影响各种处理的速度，因此常常要删除。

（2）地图投影和地理坐标系统

如 2.4 节所述，地图投影是一种系统的方法来测量和参考地球上的某一位置。在考查了空间 GIS 数据库的比例尺和分辨率以后，下面需要考虑的则是采用一种什么样的坐标系统来表达原始数据。一个坐标系统的选择会影响到整个空间数据库的数据变形。通常空间数据可以用两种系统来表达：一个是地理坐标系统，另一个就是笛卡儿平面坐标系统。地图投影的目的就是将球面上的各个位置通过一定的数学模型转换到这种二维平面上。GIS 数据库中地图投影的选择是一个关键部分，因为它影响到数据库使用的有效性。

任何一种地图投影均有或多或少不同方面的变形。这种变形反映在 4 个方面：形状、面积、距离和方向上。一个投影可能会在某一方面没有任何变形，但是在另外几个方面可能会有不小的变形。在选择地图投影时需要了解用户对数据库将如何使用，然后决定应该在哪个方面保持无变形或少变形。

横轴切圆柱墨卡托投影（UTM）是一个国际通用的地图投影，适用于±80° 纬度范围内的地区。它以每 6° 经度和 8° 纬度为一个分割带。中国、原苏联和美国通常均使用 UTM 作为地图投影，从 180° 起算向东分 1 到 60 个分割带，南纬 80° 向北编号

从 E 到 X，北半球以赤道起算为 0。南半球从 10 000 000m 起算，即所有该区的值均要加上 10 000 000m。

美国州平面坐标系统（State Plane）是以法律方式定义的，适用于美国每个州。美国商业部负责此项事务。在该投影系统中法律规定了：①各个州有几个带；②哪个县在哪个带；③每个带的起始点等。该坐标系统根据各州的地理位置的具体分布情况，使用了三种地图投影系统，即横轴墨卡托、兰勃特等形切圆锥和倾斜墨卡托投影。

美国这种标准化坐标系统使得整个国家的测量系统统一起来。本世纪以来美国通用的大地测量基准面主要有两个：1927（NAD27）和 1983（NAD83）；目前这两种系统的转换在各种商业软件中均很容易实现。

对于面积较大的地区常常跨越几个投影带，所以在设计数据库时可以有下列几种选择：

（1）将所有数据放入一个带。例如所有的数据覆盖有两个带，那么可以选择其中之一作为数据库的带。

（2）将各带分别存放。这样做的好处是变形较小，但数据库在使用时不够方便，没有好的整体感。

（3）选择不同的地图投影。可以选择一个能够将整个地区放在一个带中的地图投影，尤其是多带的地区，但在选择时尽量采用常用的地图投影。

（4）选择使用地理坐标系统。使用此种方法很适合于大区域的数据库建设。另外假若该数据库将服务于多种用途时，用经纬度的方法进行存储也可以方便使用。只是在各具体应用时，需要将其转换成其他的平面坐标系统。

表 3-6 是常用投影的一个总结。根据投影特性的不同和适应地区及通用范围予以分类，但对于整个地图投影来说，有下列几个原则：

表 3-6 常用地图投影一览表

投影	类型	等形	等面积	等距离	等方向角	透视型	兼顾型	等罗盘方向
全球	球面	全部	全部	全部	全部			
墨卡托	柱状	全部			部分			全部
横轴墨卡托	柱状	全部						
倾斜式墨卡托	柱状	全部						
星际倾斜式墨卡托	柱状	全部						
米尔特柱状	柱状							
鲁宾逊	伪柱状							
正弦等面积	伪柱状		全部	部分				
正射	正射方位				部分			
球极平面	正射方位	全部			部分			
兰勃特方位等面积	正射方位	全部			部分			
阿尔勃斯等面积锥形	锥形			部分	部分			
兰勃特等形圆锥	锥形	全部	全部		部分			
等距离圆锥	锥形		全部					
多元圆锥	锥形							
双极倾斜等形圆锥	锥形	全部						

（1）任何地图投影均有变形。

（2）等形投影保持小区域内形状不变，但任何一种投影不能保证大范围内的形状不变。

（3）等面积投影保持同比例的情况下面积不变。

（4）等距离投影保持某种距离上不变，但任何一种投影均不可能保持一幅地图上任何两点的距离均是不变的。

（5）等方向投影保持地图上的方位角与真实方位角相同。

表 3-7　地图比例尺与投影的关系

同等幅面的地图	比例尺	
	大（1∶20 万）	小（1∶100 万）
在地球上覆盖的面积	小	大
位置精度	高	低
坐标系统	平面	球面更为适合
比例尺（与地面的比较）	接近	相差很远
综合的程度	小	大

特征表达	面形（面）	面状	点状
	点形（点）	多边形街道	线形街道
	线形（线）	点	多边形

建立数据库相对于投影和坐标系统选择的一般原则主要包括下面几个方面：

（1）在经常需要投影变换而且覆盖面积较大的情况下，应该使用地理坐标系统。

（2）笛卡儿坐标系统对于小面积和一个固定的坐标系最为适合。

（3）根据研究区的形状来选择变形最小的投影。

（4）如果有地区标准的话，应该使用地区标准。

（5）如果研究区的面积很重要时，可以考虑使用一种等面积的投影进行面积计算，而数据在存储时可以使用另外的一种投影。

3.3.2　数据库数据模型的确定

本节从数据库模型的角度来论述其对数据库使用的影响。传统的数据库模型主要有三种：网状、层状和关系型模型。近来随着面向对象技术的发展，面向对象的数据库模型也应运而生，但在 GIS 中一个数据库数据模型的选择是与 GIS 的软件分不开的。目前在国际市场上有一定地位的也有不少，而且新秀也不断地产生。西方市场较流行的主要有美国 ESRI 的 Arc / Info，ArcView, MapObject, SODB, Intergraph 公司的 MGE, MapInfo 公司的 MapInfo, Clarke 大学的 IDRSI, 加拿大的 SPANS 和澳大利亚的 Genesys 等。其实各种软件均有其优势及弱点。在评价过程中，与自己的使用目的相结合，又兼顾全面及潜在用处即可。当今 GIS 市场正逐步向开放式系统的方向发展，这种系统对软件的依赖将不会像以往那样强烈。

对于目前国际市场上的商业 GIS 软件的功能，美国《GIS 世界》杂志每年在它的《GIS 资源手册》中都有详细的评价（GIS World，1996）

1）数据库数据的组织

在确定数据库数据模型以后，接下来便要对数据的组织结构进行分析和决策。GIS 中数据组织结构的分析主要包括下列几个部分：

（1）数据分层。

（2）数据在各层次上表达的形式及其格式。

（3）各数据属性信息的内容。

传统 GIS 中各种地理特征的数据集是用层的关系来表达的。例如对于一个林业管理方面的应用例子，通常需要地形方面的信息（例如等高线、数字高程模型、坡度）和专题方面的信息（例如河网、道路图、土壤类型、植被类型等）。这些信息在数据库中通常是以层的方式来表达。数据分层的考虑因素主要从以下几个方面着手：

（1）数据具有同样的特性，也可以说是数据有相同的属性信息。

（2）比例尺的一致性。植被类型在不同年份的考查中可能有不同的结果，而且考查的尺度范围也不同，所以在这种情况下通常会以两种层来存储。

（3）该层数据会有同样的使用目的和方式。

（4）不同部门的数据通常应该放入不同的层，这样便于维护。

（5）数据库中需要不同级别安全处理的数据也应该单独存储。

（6）数据库中的各类数据的更新可能使用各种不同的数据源，在分层中，使用不同数据源更新的数据也应分层进行存储，以便于更新。

（7）即使是同一类型的数据，有时其属性特征也不相同，所以也应该分层存储。

同一类型的数据可能会有不同的拓扑关系。例如水系可能会既有线性的（河流），又有面状的（湖泊）。通常只要没有软件的限制，这些不同拓扑类型的同类数据是不必分开存储的。然而，在 Arc/Info 数据模型中，不允许点状信息和面状信息同时存储。

在各类数据全部分析完毕后，可以用一个大表来做一个小结。表 3-8 和表 3-9 便是这类例子。

表 3-8　数据库分层示意图

层	特殊拓扑类型	属性项	注记文字
街区网络	线状	街名	有
		地址的编号范围	
		街边类型	
土壤类型	面状矢量	土壤类型	无
		土壤子类	
林业植被类型	面状矢量	植被复合类型	无
		面积	
数字地型模型	栅格	高程	无
坡度	栅格	坡度	无
坡向	栅格	坡向	无
水渠	线、面状矢量	长度、水渠各水量级别	有
流域	面状		
地区影像图	栅格	灰度	无

表 3-9　数据库分层组织

层	维护部门	主要关键项	所在主机	维护步骤
街区网络				
土壤类型				
林业植被类型				
数字地型模型				
坡度				
坡向				
水渠				
流域				
地区影像图				

2）空间数据库中属性表与属性关系的设计

空间数据中属性表与属性关系的设计通常要包括下面五个步骤：①设计相互关联的表格；②对数据表进行均衡化；③定义主关键项和外部关键项；④使用实体关系模型来定义关系；⑤关系表的再均衡化。

下面就各个步骤加以说明。

（1）设计相互关联的表格

在关系数据库中，数据存储的文件单元是表，而表与表之间则维持着某种关系，在相互关联的两个表中均存在的某一项来维持的，这种项叫做关键项（key）。使用关系表对一个数据库的设计是很关键的，因为它影响到整个数据库运作的行为和效果。地理数据库中的空间和属性数据之间的关系就是靠关键项来维持的。

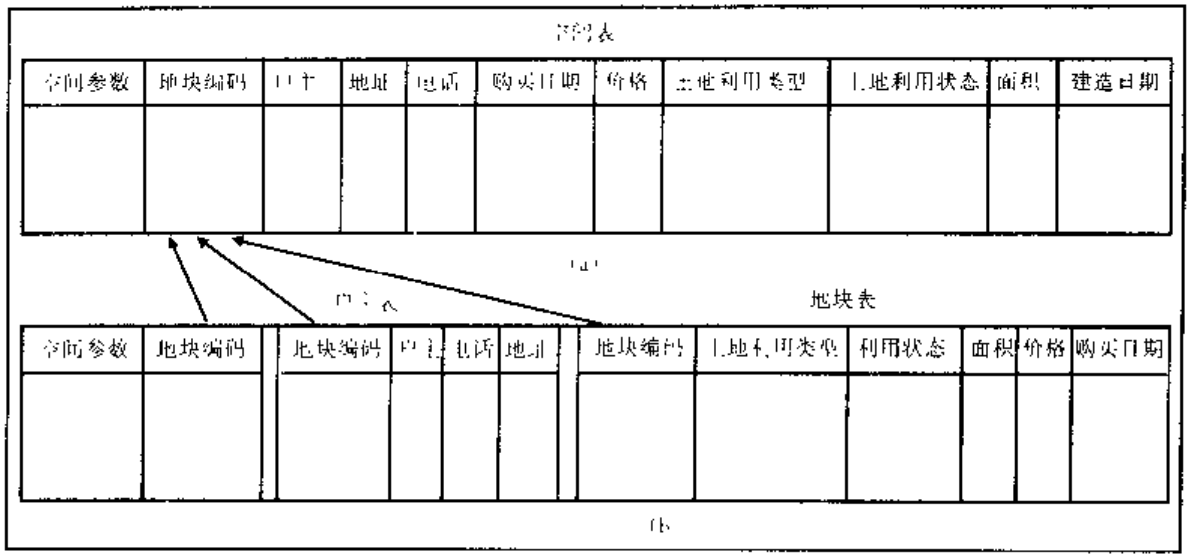
表 3-10 中的 a 是一个表，在这个表中存储了所有的属性信息，因此无相应的关系表，而 b 表中则将一个表分成两个子表，各个子表中均与主表有直接或间接的关系。这个过程叫做数据库的均衡化。比较 a 和 b 的情况，a 中的关系很简单，但因为所有的信息均存放在一个表中，则此表内容繁多，容量较大，在进行数据库各种操作时则速度较慢。b 中将空间与属性信息分开存储，将原来的一个表分成空间表、户主表和地块三个表，表格虽多，但各表内容都不多，而且项与项之间的关系反而更明确，存储也更为有效；在进行数据库查询和更新时需要哪个表的信息则到哪个表中进行，比 a 中的情况速度会快而且合乎逻辑。属性信息与空间信息分开存储还有其它的好处，例如，假若空间信息表中的某一特征被错误地删除，则属性表中还存有其信息，在做质量控制时，便可以通过没有关联记录的情况找出这种错误。

一个大的空间数据库通常将空间数据与属性数据分别存储。空间数据通常由各种 GIS 软件提供的数据模型方式存储，而属性数据则使用 RDMS 存储，两者通过关键项进行联接。

关系表之间的关系是靠关键项来维系的。关键项有两种，即主关键项和外部关键项。主关键项是用来定义存在性和唯一性的，即一个地理特征存在的话，主关键项将在该关系表中加入一个记录，而且只加入这一个记录，没有重复。通常在定义一个关键项时，它应该是个没有实际意义的项。例如对于地籍数据来说，假若用地籍拥有者的名称做主关键项，那么当这个拥有者更换以后，表与表之间的关系便失去了，而使用地籍编码则能保证该地

块在数据库中的唯一性。因为地块编码是人为赋给不具任何实际意义的项，一个地块一旦被划分，它的编码也就被确定了。一个好的关键项有以下特征：

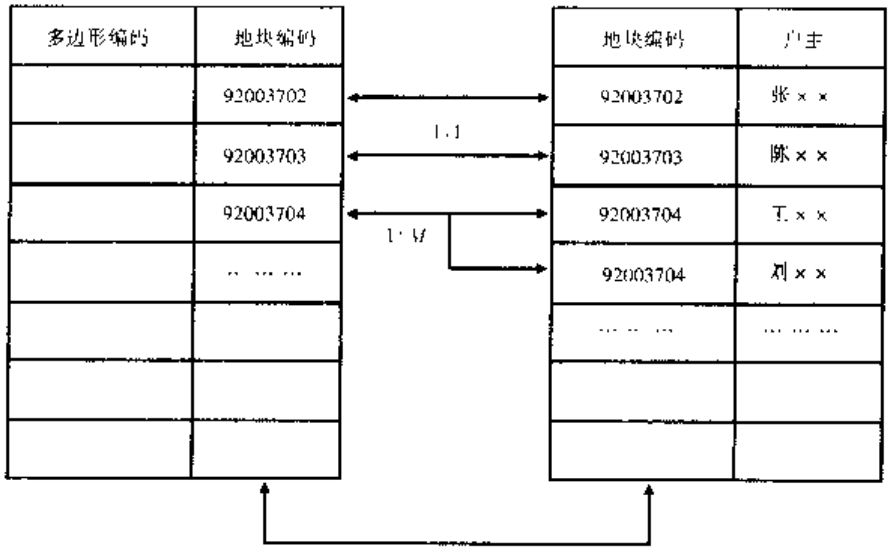
表 3-10　数据库中关系表示意图



- 唯一性：在每个表中，每个记录的关键项均必须是唯一的；
- 不变性：从来不会被更改；
- 纯粹性：不含有其他方面的信息；
- 不重复性：不会被重复使用，即某一个值被删除后，不会再被使用；
- 可获得性：需要时便可以拿到此信息（可以考虑自己产生）。

外部关键项是相对于主关键项而言。主关键项通常存在于母表中，而外部关键项则存在于子表中。它是主关键项在子表中的一个副本，但它不要求具有唯一性。表 3-11 中表示了主关键项与外部关键项的关系。地块 92003702 和 92003703 只有一个户主，而地块 92003704 则有两个户主，这种多于 1 个的对应关系称为一对多（用 1∶*M* 表示）的关系。

表 3-11　主关键项和外部关键项的关系



（2）空间数据库的均衡化（Normalization）

将数据库中各关系表进行分解，使其变成更简单、更稳定的一套关系表的过程叫做数据库的均衡化。均衡化的目的是保持数据间更为恰当的相互依赖与独立的关系，减少数据库的冗余度，加强数据库的独立性和安全性。其好处主要表现在：①对数据库的设计者而言，该过程可促使设计者更清楚地理解数据之间的各种关系。②对整个数据库来讲，增强数据库的安全性、灵活性，使数据库的更新过程更直接简便，降低冗余度，减少硬盘存储空间，提高数据库的清晰度，减少数据的模糊性。

在关系数据库理论中，有五个层次的数据表均衡化过程，通常用“NF”来表示。例如，第一层的均衡化用“1NF”表示，第二层用“2NF”表示。不同层次的均衡化过程表达了数据库中表格关系设计的简单有效程度，均衡化程度越高，数据库的有效存贮性也越高，数据库中各表之间的关系也越明显。例如，1NF 的结果就是消除数据表中的重复记录，1NF 的要求是关系表中的任何一个非关键项均要在功能上完全依赖于主关键项。如果一个主关键项是一个复合项的话，该关系表就违反了 2NF，因为非关键项一般只能与该复合项中的某一部分而不是全部有依赖关系。3NF 则要求任何一个属性项均不依赖于其它一个非关键项。

数据库的均衡化过程常常是一种直觉的分析过程，需要一定经验。但该过程应该是任何一个数据库设计者必须掌握而且擅长的部分，只有这样才能设计出一个可用的数据库。有关这方面的内容，可以参考《数据库系统介绍》（Date，1995）。

（3）使用实体-关系模型来帮助关系表的规范化

即实体-关系模型，E—R 模型，其英文为“Entity—Relation Model”，是用实体关系来表示数据的模型，它的一个主要用途便是可以清楚地表达实体间的关系。尤其在实体很多、关系很复杂的情况下，E—R 模型会帮你清楚地理出其中的关系来（ESRI，1992）。E—R 模型是一种从上到下地解决问题的方法（见图 3-4）。

①首先要识别实体。如图 3-4 所示，识别的实体有两个：一个是地块，另一个是户主；两种的关系是户主拥有地块。

②决定实体间的关系。实体间的关系主要是指一对一、一对多或多对一的关系。该例中，一个户主可以拥有一个或多个地块，一个地块可以属于一个户主或多个户主。有的户主也可以不拥有地块，即户主和地块可以是一对多、多对一、多对 0 的关系。这种情况下我们称为多对多的关系。

③决定各实体的关键项。在确定实体间的关系以后，需要识别对各个实体之间关系的关键项。在该例中地块实体通常是使用地块编码来表示，户主实体由户主编码来表示。这两类编码通常要求具有唯一性。

④将其汇成连通的图表。在数据库设计过程中，多对多的实体关系是无法进行正确的数据查询的（Date，1995）。因此，当实体间的关系是多对多时，通常要求将这种关系转换成一对多，多对一，或一对一的关系。一般一个多对多的实体关系可以用一个多对一和一个一对多两个关系来表达。如图 3-4 所示，为了表达对户主和地块之间多对多关系，我们加入一个关系表，这个关系表通常只有两项：一个是户主编码，另一个是地块编码。

（4）逻辑数据图

逻辑数据图是一种很有用的数据库逻辑设计的表达工具，它可以将设计者的关系表全

部表达出来。图 3-5 是加拿大阿尔伯达省土地信息系统空间数据库的部分逻辑数据示意图的例子。该例中主要表达与地籍有关的空间及属性数据库的逻辑关系，其中空间数据包括点、线和面三种类型。各种有关的道路特征在相应的空间数据表中都有代表它的编码。这些特征的属性数据则存贮在 Oracle 关系数据库中，各种特征编码通常同时出现在空间表和属性表中，作为主关键项或外部关键项。

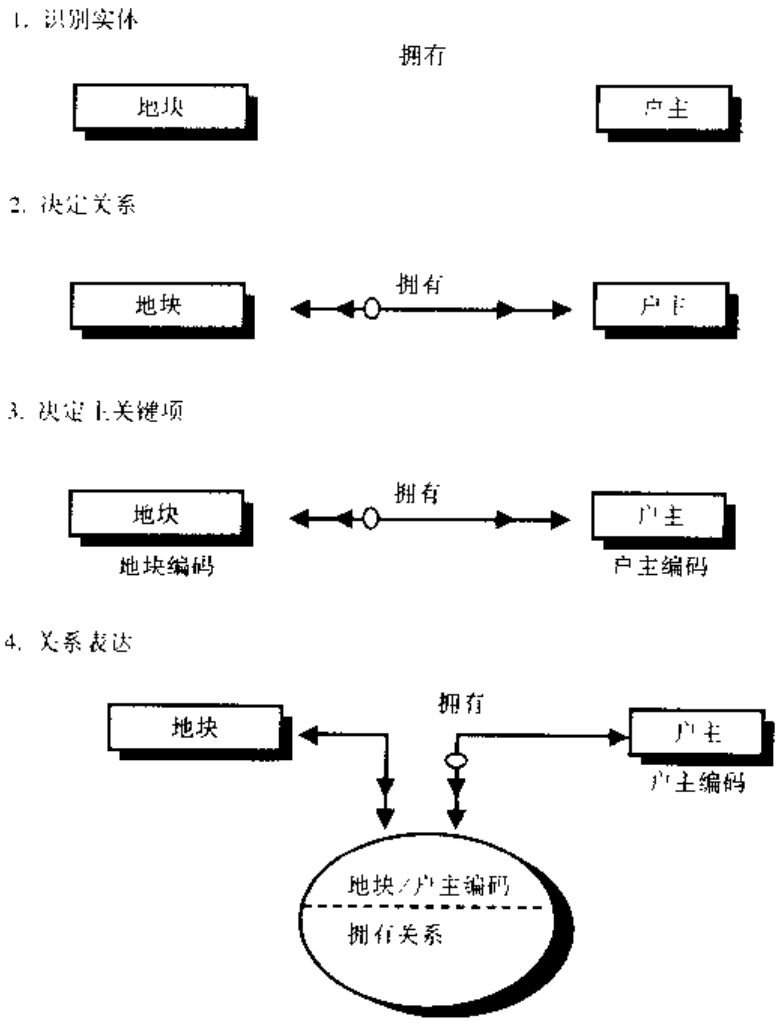


图 3-4 实体—关系模型过程示意图

（5）概念化设计的书面报告

在概念化设计接近尾声时，通常要求设计人员将整个设计规划起草成正式文件。这样，一来对最终用户提供正式文件，以使将来可以作为参考；二来也是再度检测数据库设计质量的一个环节。报告通常应该注意以下几个事项：

- 文件内容应该将所有的数据内容加以详细的概述。
- 对数据库的数据模型和内容加以描述，即分层和表格关系。
- 在能够使用图表的情况下尽量使用图表。
- 很多详细的内容可以放入附录之中，以保持文本主体的清晰。
- 假若时间允许，可以提供一个原型以更清楚地表示整个设计的概念。

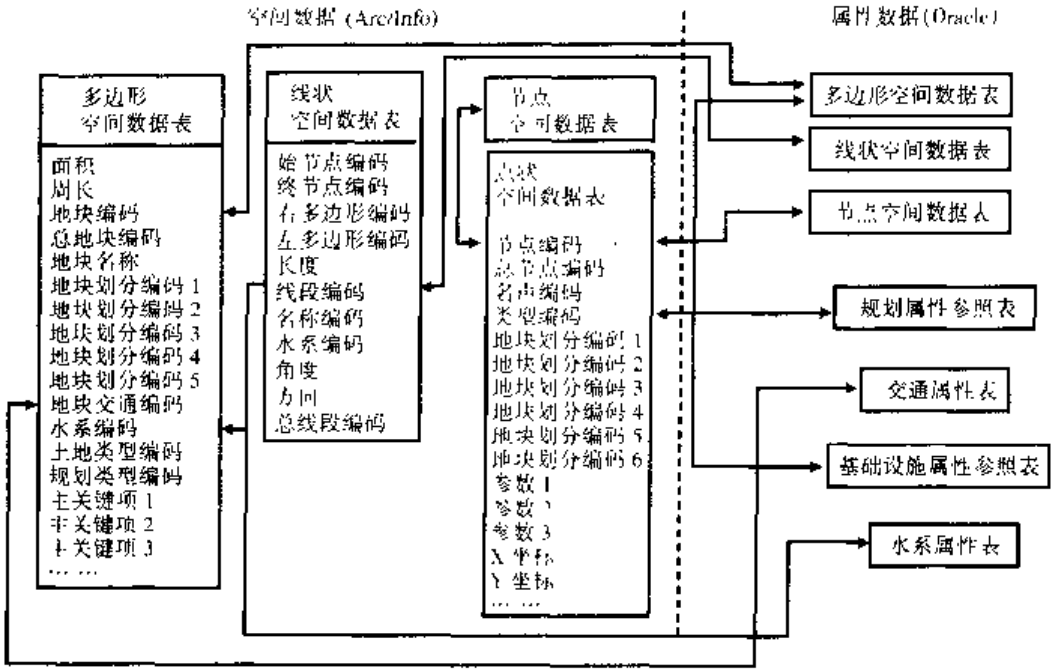


图 3-5　逻辑数据图举例

3.4　详细设计

GIS 数据库的详细设计主要包括五个方面的内容：

- 数据源的选择；
- 各种数据集的评价；
- 各数据集的设计；
- 数据字典的产生；
- 数据库具体存储和管理结构的设计。

3.4.1　数据源的选择

一个实用 GIS 系统的开发，通常其数据库开发的造价就占整个系统造价的 70%～80%，所以数据库内数据源的选择对于整个系统来说显得格外重要。

数据库中各类数据的来源很多，主要有下列几种：①地图；②航空像片；③GPS 接收的数据；④卫星影像；⑤现有的各种电子数据文件；⑥照片；⑦各种记录性文件等。

在西方国家，整个社会均把信息数据作为一种产业。政府、私营企业和各种非赢利性团体均不断地生产各种数据，在政府和整个社会的要求和推动下，数据开始被标准化和公开化，以达到整个社会对数据共享的目的。

现有的数据是一个重要的来源，如果能够很好地加以利用，对整个数据库及 GIS 系统的开发均会起到很大的加速作用。以美国为例，现有电子版数据来源主要有以下几部分：

（1）联邦政府各机构生产和维护的数据

美国政府中直接或间接生产数据的机构很多，主要有美国地质调查局（USGS）、地

球资源观察系统（EROS）、国防部制图中心（DMA）、国家统计局、自然资源保护服务中心（NRCS）、联邦紧急事务管理中心（FEMA）、联邦土地管理局（BLM）、美国林业局（USFS）、美国农业部（USDA）、环境保护总署（EPA）。各个机构所生产的数据在他们的因特网网址中都有介绍。许多数据是免费的，有兴趣的读者可以探访有关网址。

联邦政府所生产的数据大多是大范围的，从国家的基础信息着眼而开发的数据，其通常有一个较完整的开发计划，而且规范化较好，对美国公众免费提供。对整个国家数据信息基础设施的开发起到极大的推动作用。但联邦级数据通常数据开发时间较长，现势性未必会很好，这是应该注意的地方。

（2）各级州政府生产和维护的数据

各州政府从本州的角度对其基础设施数据进行规划和开发，通常州政府维护的数据更为详细，例如交通道路方面的数据和环境方面的数据会有更小范围的资料。

（3）各级地方政府生产和维护的数据

县、市、镇级政府均称为地方政府。地方政府通常对其管辖区内的各个方面均有相应的机构进行组织和管理，是详细数据的一个重要来源。各级地方政府所维护的数据因为组织管理人员的不同，会有很大的差异，没有统一的法规和标准，所以尽管数据内容丰富，质量和内容差别很大。通常需要根据各种应用目的进行裁剪和转换，各地方政府的数据通常也不是免费的。

（4）商业团体的数据

美国各种商业团体在数据市场上极为活跃，也拥有很大的市场，其主要以市场为驱动，因此所生产出的数据更具有需求性。很多企业的数据是在政府免费提供的数据基础上加工而成的，通常这类数据的质量更有保障，售后服务也好；虽然价格相应要贵不少，但仍是目前高精度数据的一个重要来源。

（5）非赢利性机构生产的数据

非赢利性机构在美国很多，像一些社团、协会和大学研究机构，其通常生产和维护的数据是为了研究和公益的目的，所以数据也经常是免费的。所提供的数据内容也是很独特的，通常质量、内容等标准参差不齐。但对一些特殊类型的数据，也不失为一个有用的来源。表 3-12 对各类数据源的内容、特点及优缺点做了简要的比较，供参考。

表 3-12　各类数据源的内容及其特点

数据源	主要内容 / 特点	优点	缺点
联邦政府	全国各类比例尺地形数据	标准化 / 质量	详细程度低 现势性差
	各类资源清查数据	公共性 / 易获得	
	各类普查数据 / 统计	便宜 / 免费	
	各类基础设施数据	覆盖面广	
	全球性数据	内容全面	
州政府	各州级资源清查数据	公共性	内容的完整性差 州与州之间标准有差异
	州级普查 / 统计数据	内容详细	
	州级基础设施	现适性	
	州级现状	标准性较好	
		州内质量统一	

数据源	主要内容 / 特点	优点	缺点
地方政府	各地方政府设立各部门均有其详细的数据	内容详细	质量不一
		公共性	无标准化规范
		现适性	
		质量可能较好	
商业团体	各类常用数据	专题性很强	价格较高 内容针对性太强 覆盖率
		质量统一	
		规范性较好	
		现适性	
		易获得	
		详细程度	
非赢利机构	各类研究性数据	研究性极强	质量不一 便宜 标准规范化不强
		不易获得	
		很详细	

3.4.2 各种数据的评价

数据的来源多种多样，内容丰富但质量可能参差不齐，是否可以拿来为我所用，则需要一个评价的过程。通常数据的评价与该数据的使用目的及概念化的数据库设计有直接的关系。数据的评价主要从三个方面进行：数据的一般状况、数据的空间特性和数据的属性特性。

1）数据一般状况评价

——数据一般状况评价主要包括以下几个方面：

（1）数据的目前状态：包括数据是否已有电子版，或是否有机构正在生产数据电子版。

（2）数据是否是一种标准形式：主要指该类数据是否是在各政府机构或商业团体生产的数据的标准化之列，例如分类的标准、属性的标准等。是否符合该数据库的要求、条件等？点、线、面形式是否与设计一致？

（3）数据是否可以直接被 GIS 使用：常常某些数据需要经过一定的处理以后才能与数据库中定义的数据相符合，这样的话便可能会对整个数据库的实施带来影响。

（4）数据的原始性：有些数据是由其他更原始的数据推导、综合而来。前一章介绍过第一手数据和第二手数据的概念。这种时候，应该更注重使用更原始的数据，即第一手数据。

（5）数据的可替代性：常常对一种所需要的数据来说，会有多种来源，有些容易获得，有些则较难，在决定使用哪一种时，应该将各种可能来源的数据均加以收集并仔细比较，再做定论。

（6）数据与其他数据的一致性：覆盖的地区是否一致，比例尺是否相同，数据的地理控制点是否符合数据库的要求，在整个地区是否一致，投影是否与要求符合等。

——假若一个数据的电子版已经存在，那么可以使用下列的评价原则：

（1）数据格式：数据格式是一个很重要的因素，如果不与数据库设计的要求相吻合，势必要进行数据转换。数据转换有时可能会是很费力又不讨好的一件事，所以应该

慎重裁定。

（2）拓扑关系：GIS 数据要求数据的特征之间要保持应有的拓扑关系。通常 CAD 来源的数据不具有所需要的拓扑关系。在数据转换过程中，相应的可能需要建立各种拓扑关系，这也可能会是一项费时费力的工作。

（3）数据分辨率：对于栅格数据而言，数据的分辨率是指像元的大小，通常像元的大小与其分辨率成反比，即像元尺寸越小，分辨率越高。而对于矢量数据而言，通常分辨率指其原始数字化资料的比例尺；原始资料的比例尺越大，分辨率也越高。分辨率是数据精度的一个重要标志。

（4）数据覆盖面及一致性：该类数据是否能够覆盖整个的工作地区。若能各不同地区的数据是否具有同样的数据质量并符合其它标准。若不能，是否能够找到相匹配的原始资料。

（5）数据的可获得性：包括数据存储的媒介，适用的计算机平台和是否可以购买及免费提供。若可获得，那么什么时间能够拿到？从时间上是否与数据库实施的计划相符合。价格和维护的费用又如何？

（6）样本数据：在数据评判过程中，如果能够有机会获得该数据的样本将会对数据的感性认识大大地提高。

（7）自动化过程实施的考虑：通常现有的数字化数据并不完全符合某一数据库设计的要求，可能需要做不同程度的加工才能入库。假若这种加工过程能很容易地自动实现，那么该数据的价值则更高。否则的话，应该比较数据加工和重新数字化哪种更有效益。

（8）数据的元数据信息是否完全：元数据是有关数据的重要信息，它的存在与否及质量直接影响到该数据的价值。

2）数据空间特征的评价

数据空间特征的评价主要有以下几点：

（1）空间特征的表达方式。例如，城市既可以作为点，又可以作为多边形。地形数据既可是等高线式的矢量表达方式，又可以是栅格的数字高程模型。因此要比较各种特征是否符合特定的要求。

（2）空间特征的连续性和闭合性。在很多数字形式的 CAD 数据中，很多线性特征的表达是不连续的。例如铁路线的表达，有些面状的地理特征是不封闭的。因此空间特征的连续性和封闭性应该加以考察。对于不连续、不闭合的情况，需要自动或半自动地进行处理，以保证各个特征的连续性和闭合性。

（3）表示规则的比较。不同数据集在对同一类型的地理特征进行表示时，可能使用不同的规则。例如河流信息，有些是用双线表示，有些则只有单线。对于油井，有些是用多个点聚集表达，有些则是用多个多边形表达其覆盖的范围。这种不同的表达方式在进行数据库详细设计过程中，要根据应用目的加以斟酌处理。

（4）空间数据地理控制信息的比较。不同数据集使用不同类型的大地控制系统，通常可能有：①使用 GPS 点。②使用大地控制测量点。③人为划分的地理位置点，例如图幅角点等。④道路等线性特征的交叉点，不同的方法代表不同的精度，在详细设计过程中，控制点和精度的比较和评价是重要的一环。

（5）空间地理数据的系列性。在空间数据收集过程中，经常会遇到这种情况：不同

地区的同一类型数据比例尺不同，或覆盖有交叉重叠。在这种情况下要决定不同地区的信息的衔接问题。边界匹配有可能会出现问题，各类问题均可能要求设计者做各种决策。这种决策又经常是按主观经验而定，不仅要考虑到整个数据库的质量，又要兼顾实施的难易。

（6）分类方法的比较和评价。不同数据集对同一类型的数据通常使用不同的分类方法。例如同样是道路，不同的生产厂家会根据其要求进行级别分类。有时两种数据的这种差异不论是从空间图形的角度还是从属性信息的角度都可能会大到几乎无法匹配的地步，因此分类方法是详细设计过程中应该引起重视的一项。另外即使同一种分类方法，随着时间的迁移，也会有不同的变化。

（7）地理参考系统的一致性。同一地区，不同地理特征的地理参考系统可能会由于比例尺、原始信息、年代的不同而出现不匹配的效应。例如一个流域的山谷脊线应与一个地区的等高线走向一致。又如一个河流又是行政边界时，它将会出现在水系层和行政边界层上，但若两者的地理参考不匹配的话，则会产生出很多冗余信息。这种冗余信息在真正数据库中应该去除。消除冗余信息通常有以下五种办法：①选择其中更为精确的信息取代另外一层的信息；②根据冗余面积的大小，设定一个域值来消除（自动的方法）；③在数字化过程中，自动地消除冗余多边形（可半自动，或全自动）；④在地图数字化之前，便将冗余多边形消除；⑤使用拉伸法，在差异很大的时候，这种方法会有效。

3）数据属性特征的评价

主要包括下面四个方面：

（1）属性的存在性。很多空间数据并不具有属性数据或不直接拥有所需要的属性数据。在详细设计过程中，对各数据层均要评价其属性数据的存在性。

（2）属性数据与空间位置的匹配。很多属性数据以表格报告的方式存在，而没有图形信息与其直接匹配，所以有时需要使用编码的方法将属性数据的位置数据自动或半自动地产生出来。

（3）属性数据的编码系统。不同来源的同一类数据的编码系统常常不同，需要加以比较，并根据应用的要求来裁定使用哪种。有时也可能要求结合起来使用。

（4）属性数据的现适性。各类属性数据随着时间的变化有所变化，在数据库详细设计过程中，对每层数据的属性数据的现势性应加以严格的考虑，以保持整个数据库的现势性。

3.4.3 空间数据层的设计

在对各数据层的原始资料或现有数据的收集、评价及选择完成以后，便是各数据层在数据库中的组织和其各相关表格的设计。这一步是将整个概念化设计转化成最终的详细设计的过程。这一过程的主要内容有以下三个方面：①属性数据类型的设计；②编码标准的设计；③各表格中主关键项的选择。

1）属性数据类型的设计

属性数据的类型很多，例如字符型、日期型、整型、实型、二元整型、大型二元数据对象（BLOB—Binary Large Object）等。根据所选 GIS 软件的不同，可能还会有所差异。除了类型以外，还要定义其输出的宽度，该项也与各类软件有关。

数据库中常常需要有将不同的几个内容组合起来而成为一项的情况。例如在美国常使

用地籍号码（APN），它便是由书号＋页号＋地块号码三者组合而成。在这种情况下你可以将三者分别存储在三个项中，在需要使用组合型时，再将其组合起来。第二种方法是将三个单项及组合项全部分别存储，这样的优点是使用时方便，不需要进行其它的处理，但其缺点是维护时两者均需要改正。同时，因为重复存储会使数据的冗余度增加。第三种办法只是将组合项存储，需要单项时再进行提取。第三种方法是人们通常使用的方法，因为组合项通常会被用来做主关键项使用（Primary Key）。

2）编码标准的设计

GIS 数据库详细设计的一个很重要的部分便是编码标准的设计。长期以来，人们在开发各自目的数据库过程中均根据各自的要求进行编码，不同的人设计会有不同的编码。即使同一个设计者在不同时期也可能使用不同编码。这样的结果使得各自开发的数据库不能够与其它的机构实行共享，更有甚者自己的数据库也不能共享。

目前美国及其他西方发达国家均在政府的积极推动下，开始使用国内或国际的标准编码系统。FGDC 便是美国政府设定的一个专门处理和协调有关地理数据的机构，它的主要任务之一便是建立各类地理数据生产、转换及处理的各种标准规范。目前已有很多通过设计、测试而被颁布使用。

在数据库编码设计过程中，首先应该寻找现有的已被普遍使用的标准编码，假若现有的标准编码仍不能够达到要求的话，则可在此基础之上加以细化。对于同一类型的数据来说，目前已存在的标准可能不止一二，在这种情况下要根据自己应用的目的来加以比较分析，以确定出最适合自己的标准。有时不能排除必须自己从头设计新的编码系统的可能。

3.4.4 数据字典

数据字典是对于整个空间数据库的总体和详细的小结，可把它视为一个 GIS 数据库的蓝图，可以帮助用户理解整个数据库的组织和内容以便更好地使用数据库。数据字典应该是一个动态的文件，随着数据库开发的不断增长和维护过程中的不断修正而时时进行不断的更新。为了使用方便，数据字典应该有在线（on-line）版本，这种在线版本可以一举两得，既方便用户的使用，也方便数据维护者的更新。

一个好的数据字典也是一个数据标准规范，可以使数据库的开发者依此来实施数据库的建设、维护和更新，从而减低数据库的冗余度并增强整个数据库的完整性。

从用户的角度，它可以告知用户什么数据已经存在，告知数据开发者在开发数据各层中的数据格式、定义及表格格局结构，并可以帮助开发和使用应用程序。

1）数据字典的内容

数据字典实际上是数据库的元数据，它描述数据库的整体结构、数据内容和定义等。一个数据字典通常包括以下几个内容：①数据库的总体组织结构；②数据库总体设计的框架；③各数据层的详细内容定义及结构；④数据命名的定义；⑤元数据内容等。

其中数据总体设计的框架部分主要包括：数据来源、整体命名方法、各特征的最大最小范围、有效值、地图投影、图幅匹配及精度、线与多边形的拓扑关系及连续性、封闭性、质量控制的过程和内容、数据的各种文件、表格等。

数据字典中各数据层的详细内容定义及结构部分主要包括以下几个方面：

• 标题类信息：名称、类型、数据质量；

- 各层的有关文件、表、各表的项及各项的定义、有效值范围等；
- 地理参考方面要求满足的情况；
- 其它有便于说明和理解的文字或图表等；
- 各层空间及属性的质量控制规范；
- 各层编号系统与其它各标准编号系统的关系；
- 各层数据的使用与各应用类型的关系等。

2）数据文件的命名方法

一个数据不外乎有内容、所接受的操作、被使用同一类型操作的次序先后等，这些信息有时是可以在命名中反映出来的。例如图 3-6 中便是这种方法的一个实例。当看到 SO01DG 的文件名时，操作者便能够了解该数据文件的有关信息，即该数据文件是土壤数据，是第一次数字化的文件。例如在使用 Arc/Info GIS 软件时，常用的操作列于表 3-13 中（Chen，1996）。

表 3-13　GIS 主要操作和名称缩写

操作	缩写	操作	缩写
编辑，清除错误（Clean）	-C	覆盖（Intersect）	-IT
制图（Mapping）	-M / Map	覆盖（Identify）	-ID
产生缓冲区（Buffering）	-BUF	查询（Reselect）	-RS / Res
产生注记（Annotation）	-ANO	裁剪（Clipping）	-CL / CLP
覆盖（Union）	-UN	数字地形模型（TIN）	-T / TIN
栅格数据（GRID）	-G / GRD		

上述命名方式多用于在进行操作中的数据，而在数据库中存储的最终的各层还应以其自然名称使用。

名称 = 专题	+ 序号	+ 操作
SO01DG　SO	01	DG

专题：SO：土壤

序号：01：第一次

操作：DG：数字化

图 3-6　数据文件命名举例

3）数据字典的元数据内容

元数据是有关数据的数据。它是对一个数据集的内容、质量条件及操作过程等的描述。目前在美国，元数据已被联邦政府的地理数据委员会（FGDC）将其内容规范化，并要求所有政府部门实施这个标准。不仅政府部门已经普遍地在使用这一标准，私营商业及学术机构也一并效法，使整个社会均使用统一的标准。

3.4.5　存储管理结构的设计

在考虑存储管理结构时，有以下几个方面的考虑。

1）数据的精度考虑

前面已经提到，数据的精度是数据库的一个基本设计内容，应该在设计的过程中，根据数据库的使用要求来对整个数据库制定一个精度标准。

精度是描述在一个给定的错误区限内可以找到特定的地理特征的能力。对一个数据库来说，有三个事实是每一个设计者必须明白的：

（1）一个数据库的精度不会因为采用自动化的数据采集过程而使其增高。

（2）经数字化过的地理数据特征，其精度不会高于其原始地图。

（3）数据库总体精度是最低精度部分的数据的精度。

2）美国国家地图精度标准介绍

比例尺大于 1：20 000，其地图的空间精度因子为 1 / 50 英寸（1 英寸＝25.4mm）。比例尺小于 1：20 000，其地图的空间精度因子为 1 / 30 英寸。例如地图比例尺为 1：24 000，其精度等于 24 000 / 12*1 / 30－67 英尺（1 英尺＝30.48cm）。

使用精确性（Accuracy）和精度（Precision）一起来定义数据库坐标的可靠性。精度定义为一种测度的可重复性，分为单精度与双精度两种。数据通常可以被存为单精度或双精度两种。单精度一般可以表达 6 到 7 位的数字，而双精度则是表达到 14 位。下面是在进行数据库设计时对精度与精确性二者的几点考虑：

（1）假若使用不充足的字位来存储的话，数据精度可能会降低。

（2）使用双精度存储，数据库容量可能至少增加 20%。

（3）精度存储方式不会明显地影响系统的处理速度。

（4）若不同层的数据必须要相互匹配的话，使用双精度存储。

3）RDBMS 对属性信息存储软件的选择

对于大型地理数据库而言，其属性信息可能就很庞大，需要有强有力的 RDBMS 系统来进行管理和查询。其优势不言而喻，主要有：

（1）单独对属性信息的存储，可以使整个数据库的独立性提高，属性数据库可以单独地进行使用、维护和管理。

（2）可以充分利用 DBMS 系统的各种高级功能。

（3）属性数据库部分可以与其它 GIS 软件的空间数据部分相结合使用，不受开发时软件的限制。目前市场上各种 GIS 软件均与 RDBMS 相连接，因而可以单独存储属性数据。

通常，人们将空间数据部分存储在 GIS 软件系统中，而属性库则放在商用 RDBMS 中，目前在北美较流行的 RDBMS 有 Oracle、Sybase，Informix，SQL Server 等。

4）空间数据库的管理

空间数据库的管理可以包括以下几个方面：

（1）数据使用权限的设置

通常一个空间数据库是应当允许许多用户同时使用同一种数据的，但不同的用户可能有不同的目的，有些用户是为了更新目的而使用数据，有些只是为了显示一下。从数据库安全角度着想，各数据层均要由数据库管理员（DBA—Data Base Administrator）设置用户权限。这种设置通常是允许读或写的。

（2）数据库更新过程中的质量控制和安全性考虑

在更新一个数据层时，除了要拥有可写性的权限外，还要有维护整个数据库的一些原则。这种原则可以是关于整个数据库的，例如投影类型、大地坐标参照系统类型等，也可以是针对单一数据层的。在进行维护更新时需要同时考虑属性和空间数据间的相互关系。例如空间数据修改后，可能相应的属性信息也要做相应的变动。在更新时首先应该将该数据层锁住，以免其它有权限的用户做类似的处理。目前，国际上通用的 GIS 软件系统均有类似的功能。

（3）数据库的恢复能力

许多商业数据库管理系统均提供重新运行（Roll－Back）的功能。该功能允许数据库能够回到某一状态，忽略某一时间以后的各种修改，因此重新运行功能是评价数据库功能强弱的因素之一。

（4）合理管理单元的设定

空间数据是有地域差别的，一个数据库所覆盖的面积可能会很大，在管理和维护中可能会只需要很小的一部分，因此为了管理和维护的方便，有些 GIS 软件将数据库的地理区域按某种方式划分成更小的单元。例如一个省的数据库可以用县作为管理单元，一个市的数据库可以用区作为管理单元。另外这种划分也可以用规则的形状，例如某种格网系统。在管理单元设定时，应主要考虑下面三个因素：①该单元是相对较稳定的。②该单元所覆盖的各地区的地理特征相差不多。③该单元在管理和维护中划分得较合理，使很重要的地理特征不至于划分在不同的单元之中。

（5）数据库系统的网络考虑

一个计算机的网络是可以连接多个工作站、服务器、X 终端的方法。网络可以用来做电子邮件的发送和接收、数据的传输、连到遥远的工作站上。计算机网络允许计算机之间进行通讯，交换信息，使整个网络的用户最大限度地使用计算机和各种资源。这种资源包括：计算机的中央处理系统、磁盘空间、打印和制图设备、数据库等。因此我们可以说，计算机网络是一种分布式处理设施，一旦网络建立以后，它的资源可以不断地增加，处理应用的能力也相应地不断增大，另一方面它允许不同的用户能够共同分享和使用某些资源。

分布式计算机的环境和能力给更有效地结合各种技术来共同地建立一个共用的用户环境提供了可能和工具。以城市 GIS 环境为例，一个城市可以使用一个文件服务器，由各有关单位来共同建立一个共用的城市信息数据库，这个数据库使用商业化的关系数据库管理系统技术、计算机辅助设计技术和图像处理技术、矢量和栅格等各类数据，各种数据采集设备，如数字化仪、扫描仪、立体测图仪等，都可以与该网络相连。不同类型的数据仍然由不同的部门进行数据生产、维护和更新等。但是，其它的各个有关部门，例如城市规划、市政工程、社区发展、设施管理、土地利用、城市交通、公共教育等，均可以使用这些数据。这种维护方式既可以保证数据的现势性，又可以保证数据的安全性，从而减少重复的数据生产。各个部门所需要不同的输出设备，例如打印机、绘图仪等均可以联入网络，并可以安置在不同部门。部门与部门之间可以相互协调对整个的资源进行使用，同时使平均每个用户对 GIS 系统建立的价格相对降低（Carnarate，1992）。

X 终端是一种类似于工作站的设备，只是它不具有中央处理的能力，而只有自己的显示窗口系统。X 终端必须要（Login）登录到其它的工作站或服务器上来分享它们的处理

能力、内存和硬盘存储空间。X 终端是一种便宜的方法，对于 GIS 系统来说，它具有很好的图形显示系统功能，可以实现只用 GIS 软件许可和数据等。

一个 LAN 是局部网，WAN 是广域网。LAN 一般被用于小区域范围内，它具有快速的数据传输率；而 WAN 通常覆盖大范围的区域，传输的速度也较慢，一般来说其速度为 56KB / s。 T1 线的传输速度是 1.45MB / s， T3 线的传输速度为 45MB / s。

“信息高速公路”的目标是为了提供低价格、高速度、大容量的数据传递能力，这不仅是局部的，而且是广域范围的。下面简要介绍在数据库设计过程中使用网络技术的几点考虑：①整个系统的可扩充性。网络技术的发展日新月异，为了更好更快地利用新的技术，在做设计时应该注意其扩充性。②整个系统的增长性。一个 GIS 随着技术和用户需求的发展，用户对网络和 GIS 的使用也不断地增多并且增大难度，这也应该是设计过程中一个不可忽视的要素。③避免任一部分负载过重。整个网络的设计应该尽量地做到负载均衡，以延长网络的整个寿命，降低网络的出错率。④数据与其用户尽量存储在一个网络（子网络）上，以减少网络的流量。⑤优化传输路径：网络连接的有效性在设计时应加以优化考虑，尽量减少网络中不必要的传输。⑤设备名的相关性。在给服务器、工作站、硬盘等设备命名时，其名称应具备一定的相关性，使用户自动识别出其关系。

3.5 实施规划

一个 GIS 数据库的概念化设计和详细设计以后，接下来不是马上实施，而是要根据数据库的详细设计来制定自动化或半自动化的实施规划。实施规划的主要目的是：

（1）建立数据自动化处理方法。

（2）实施质量控制的原则标准。

（3）建立一个实施进度和预算评估的跟踪系统。

（4）将整个实施规划与整个 GIS 的实现相结合起来。

在数据库自动化实现时可有下列几项考虑：

（1）分阶段的实施计划

对于一个较大型的数据库，数据层的开发过程可以分阶段进行。根据数据原始资料的可获得性和各数据层的主次关系分阶段开发，将整个计划以一个表格的方式表达出来，使之一目了然。

（2）自动化方法的设计

在数据库实施过程中需要实现的自动化过程可能是以下几种：

- 数据原始资料的采集：例如 GPS 数据的采集和摄影测量数据的采集。
- 数据的数字化过程：图形数据的数字化和属性数据的输入等。
- 数据的转换过程：现存的数据格式转换成数据库所需要的格式和定义。

3.5.1 数据采集过程的自动化设计

1）主要的数据采集方法

数据采集主要有三种：GPS 方法、摄影测量方法和测量法。

（1）GPS 方法

GPS 技术是依靠导航卫星来决定地球上某一位置坐标的技术，它已经成为目前既便宜又精确的一种数据采集技术。目前 GPS 技术已经用在航海、汽车导航、登山、滑雪等业务或娱乐方面。GPS 精度可达到毫米级。

在管线管理信息系统中，常使用高精度 GPS 来测量各管线上各种部件（水表、接口、阀门等的位置）来精确给定管线的真实位置，这种数据可以随时收集，数据也具现势性，同时可以使用户来完成采集工作。

GPS 所采集的数据是 X，Y，Z 坐标点，这些点的信息可以以文本的形式存储，然后根据数据库和 GIS 软件的要求，使用一些很简单的程序便能够将其转换成有拓扑关系的图形加属性信息。

（2）摄影测量方法

美国各种大比例尺的地图都是使用摄影测量方法制作而成。它一般使用已知的大量控制测量点来对像片上的各地理特征进行地理参考。摄影测量方法是一种传统而又较成熟的数据采集方法。它精度高，但在考虑是否使用摄影测量方法时，主要应当考虑下列几个方面：

• 控制点：如果该地区没有很好的大地控制点，则必须要先将一种控制点网络建立后再行使用。

• 比例尺：摄影测量的比例尺与造价关系很大，在确定使用何种比例尺时，应根据数据库精度的要求，既不可使用太大比例尺，而使造价增高，也不应使用过小比例尺而失去应有的数据精度。

• 提取的特征：只提取数据库中所需要的特征。

• 数字正射影像数据：如果时间和费用允许的话，尽量产生数字正射影像数据。因为它可以作为非常好的背景图像使用，对整个数据库的精度检测和美观均有很大作用，它还可以用来作为屏幕数字化的底图。

• 多边形数据的提取：目前商用较广泛的与摄影测量方法有关的软件大多还是 CAD 类型的软件。因此大多数是点、线类型，而没有多边形类型，在 GIS 数据库建库过程中需要将某些线特征转换成面特征。

• 目前在摄影测量方法中，主要有三种，即据由老到新排列为立体测图仪法、正射影像图生成和软拷贝摄影测量等。正射影像图是校正的可以与地图匹配的航空像片，它没有三维表征，所以有些特征在正射影像图中不易提取，但是任何人均可以使用正射影像图。数字化的正射影像图在 GIS 中尤其重要。

软拷贝摄影测量方法是一种数字化版的立体测图仪。原始的航空像片经扫描后可以在显示屏上用三维方式进行立体表达。操作员则可以使用立体眼中容易看出三维立体的效果。因此这种技术可以用来生产数字化的正射影像图，也可以支持三维的屏幕数字化。

（3）测量数据

测量数据是一种传统的数据采集方式，各个国家的土地管理部门均或多或少地拥有许多该类的数据。这类数据通常系统性好，而且精度很高，直到现在还被各部门作为主要的土地控制数据。这种数据通常也可转换成文本格式，然后通过运行简单的应用程序便可以转换成图形数据。

有关测量数据，值得一提的是：许多测量数据是有主次之分的。例如管线测量数据通

常是以地籍测量为基础，也就是说地籍测量在先，管线测量为后，而且管线测量的数据是参照地籍测量而成，那么假若数据库中地籍测量数据有变化，管线数据也应该相应发生位置的变化，而相对关系保持一致。这种关系也应该在数据库中加以存储，以做参考之用。

2）空间数据的数字化过程

数据采集完成以后，根据数据库应用的需要，必须将非数字版的数据转换成计算机可以识别的电子形式，整个过程通常被称为数字化。数字化方法通常有两种方式：一是矢量数据的矢量跟踪，二是使用扫描方式然后转换成矢量的形式。

（1）矢量数据的手扶跟踪或数字化方式

手扶跟踪式数字化方式是最常用的一种方式，它是一种用鼠标的方式手扶跟踪地图上的各种地理特征，以获得X、Y坐标。

该种方式在使用时应该注意下列几个方面：

• 在数字化前先产生一个控制点层，保证每幅地图均至少有四个控制点以保证其地理参考的精度。这样在数字化时便可以保证整个数据库中各图幅的精度从而保证数据库的总精度。

• 设定阈值。该阈值是指在跟踪数字化过程中任何两个节点的最小距离。任何两个节点间的距离小于该阈值的，后面输入的点位将不被记录。该阈值对整个数据库的精度有很大影响。

（2）扫描数字化方式

扫描数字化是使用扫描仪将整幅地图扫描成图像以后，再进行矢量转换或屏幕跟踪的方法。该种方式通常要求原始材料进行预处理。例如将地图中的各种色彩不同的地理特征先分色，复制在透明薄膜上，然后再进行扫描。目前已有自动的分色扫描仪，也有研究自动分层建库的文献（Wang and Zhang，1996）。

3）属性数据的自动化处理

属性数据的数字化通常有四种方法：

（1）键入法；

（2）使用光学的字符识别技术；

（3）在数字化或矢量化的过程中赋值；

（4）人工编辑：使用一些分析方法进行自动赋值。例如利用计曲线的已知值来给相间的首曲线进行内插赋值。

3.5.2 数据库的质量控制

GIS数据库的质量控制通常包括空间数据和属性数据的质量检测。下面对这两种不同质量控制类型的内容和方法分别加以简要介绍。

（1）空间数据质量控制

其内容主要包括下面几个方面：

a）空间位置的几何精度；

b）空间地理特征的完整性，是否所有的内容均数字化；

c）空间特征表达的完整性：例如指面状的特征是否以面状的多边形进行表达；

d）空间数据的拓扑关系；

e）空间数据的地理参考系统是否正确，是否满足整个数据库使用的最低要求；

f）空间数据所使用的大地控制点的正确与否；

g）边界匹配如何。

（2）属性数据质量控制

其内容主要包括下面几种：

a）属性表的定义是否符合数据库的设计；

b）主关键项的定义和唯一性怎样；

c）各项的值是否在有效范围以内；

d）各属性表的外部关键项是否正确；

e）关系表之间的关系表达得是否正确；

f）各数据项的完整性；

g）常用的质量控制方法。

表 3-14 中将各种质量控制（QC－Quality Control）的内容与方法进行了小结，供参考。表中的字母分别对应于上面提到的各种空间和属性质量控制方法。图件方法是将空间和属性数据进行制图的方式表达出来。这些图可以使用与原始图一致的比例尺和注记、符号等，绘制在透明纸上，然后与原始图件进行重叠比较。图件法使用很多很广，是检查空间数据位置精度的有效方法。图件法是一种人工检查的方法，费时费力。除此之外还有许多其它的使用程序的自动质量检查方法，例如有效值法通常用于属性数据的有效值检查。例如如果属性数据是电压的话，它的有效值通常应该是 200V、110V、6V、9V、12V 等；如果属性数据是土地利用，那么有效值只可能是林业、牧业、水系、居住用地、道路等等。频率方法主要用于对关键项、外部关键项等的检查，如果一个表中某一项的值都要求是唯一的情况时，频率法是最有效的检查方法。

表 3-14　各种质量控制方法比较

项目		图件	有效值	频率	包含	统计	匹配检查	程序	报告检查
空间	a	×							
	b	×							
	c	×							
	d							×	×
	e								×
	f	×							
属性	a						×	×	
	b			×					×
	c	×		×	×	×			
	d							×	×
	e								×
	f	×		×		×		×	

统计方法主要使用常用的统计方法，例如均值、方差、最大值、最小值、中值等来检查属性数据的内容。包含法用来检查数据项的值是否在一定的范围内。它与有效值方法类似，区别主要在于它通常用来检查连续性的数据，而有效值方法主要用来检查离散型数据。

数据表的定义是否正确，是否符合数据库设计的要求，可以使用匹配方法来检查。匹配法将标准的数据表定义与实际的数据表定义写成同一种数据格式，例如文本数据格式，然后使用程序，例如 UNIX 的 Shell 来进行比较。该方法是数据库结构检查的常用方法。程序法通常是一种很灵活的质量检测方法，它可以或多或少地被应用于任何一类质量检查。它要求实施者会使用某一种或多种程序语言。最后一种方法即报告法通常用于给用户提供的质量检查报告，该报告可以根据各不同项目的具体要求而定。

目前各种商业的 GIS 软件均提供一些基本的 QC 的功能，使用户可以根据自己的要求进行裁剪或二次开发。这种 QC 方面的工具可以以一种标准的方式制定出来，对整个数据库进行自动检测。

3.5.3 开发进度的监测

当被开发的数据库很大时，常常需要多人参与开发，如何监测整个开发速度便是一个很重要的环节。有许多方式可以使用，常用的与数据开发有关的两种方法是进度表法和区域图表法。

（1）进度表法

进度表法（表 3-15）是将各进度的步骤详细列出，制定出每步骤的起始和终止日期。这种方法可以从表中一览整个数据库开发的进度安排。

表 3-15 进度表法例示

图幅	预处理		数字化		属性数字化		制图		QC		拼接		QC		…	
日期	起		起		起		起		起		起		起			
1	6 1	6 6	6 6	6 16												
2																
3																

（2）区域图表法

区域图表法是目前较流行的一种数据库开发进度监督的办法，它是将整个的工作区按格网分成小区后，以各小区作为工作的基本单元来安排进度（图 3-7）。对于整个过程的各个阶段使用不同的图案来表达，这样整个数据库开发实施的目前状况从图中便一目了然，而且可以通过对方格的数量占总方格的百分比来计算出整个项目的完成状况。



图 3-7 区域图表例子

与进度表法相比，该方法更适用于数据库实施以后进度完成状况的监督，而前者则更适用于进度的计划。两者若同时使用，便可相辅相成、相得益彰。

除此以外，在整个自动化实施过程中，有必要对下面几个方面加以注意：

- 每个层的自动化方案和实施的细节过程图；
- 人员需求和分配；
- 人员的发展和评价；
- 硬件和软件等系统方面的准备；
- 开发的时间和经费的预算；
- 管理方面的要求等。

3.6 试点项目

在整个 GIS 系统开发设计完成以后，接下来的便是开始动手做了。在进行大量生产作业之前，有必要先选择一个小的样区来做一个试点。本节着重介绍 GIS 试点项目的过程和注意事项。

试点项目的主要目的有三个：

（1）测试数据库设计的合理性，包括其功能是否全面、行为是否能够满足需要、灵活性是否合理等。

（2）测试自动化部分是否有效，包括其过程步骤设计是否有效、时间和价格的预算是否合理、系统的运行是否有效、软硬件设备的支持性是否满足要求。

（3）测试产品的合格性，包括地图、报告和各种数据产品是否满足要求。

试点项目实施的主要过程如下：

（1）定义试点项目的范围

试点项目范围的定义是试点项目实施的关键一环。试点的选择既要反映出典型的地区，又要反映出典型的过程，而且要兼顾现实的考虑。希望做到以点代面，但试点毕竟是试点，它不可能完全反映整个地区和整个过程。一个考虑因素是按时间的限度来决定试点范围。

试点范围的第一考虑是样区的选择。样区的选择应当考虑以下几个方面：

- 样区应当很小，在试点项目结束以后放弃也不会对整个项目有多少影响。因为常常在试点项目以后，整个数据库设计和实施计划均要做或多或少的修改，这样试点项目的结果常常是不用来作为真正项目的一部分。
- 试点样区又要足够代表典型的地域特征和实施过程，包括复杂程度和数据多样性。
- 试点样区应该是整个项目的某一个关键区域，应是目前最感兴趣地区之一，也是数据较齐全的地区之一。

试点项目的样区选定以后，下面便是样区数据内容的决定。一个数据库，无论大小，它的数据层均会有主次、轻重之分。若有可能试点项目应该尽量将所有的数据均进行实施，但若因为时间、数据资料或财政方面的限制，不能将所有数据全部实施的话，则应该按其主次关系，将主要数据层包括在试点项目中。

在样区与数据都确定以后，为了测试数据库是否符合各类功能的要求，需要对其做些功能测试，这些功能可以包括显示、更新、覆盖、叠加、产生缓冲区等等。这些都应该在试点项目的范围中做出决定。

（2）决定人员及速度安排

人员分工和速度安排是保证试点项目能够顺利完成的重要因素。通常在做人员安排时，骨干技术人员应优先考虑使用。整个试点项目也需要根据实施方案进行步骤细化，对各步骤均应统筹考虑。

（3）试点项目的展示和验收

试点项目在完成以后，有必要将其产品和结果展示给数据库的用户。在展示以前，可以将数据库的有关功能、测试的过程和结果以书面形式记录下来，并分发给各主要用户和有关人员，征求他们的意见。展示过程应当是双向交流过程，既是数据库开发者对用户要求的理解的测试，是数据库设计与开发的技术检验，也是用户进一步了解和理解 GIS 和 GIS 数据库的机会，所以双方都应当给予足够的重视。

（4）根据试点项目的结果对数据库设计和实施计划进行修改

通常试点项目在展示和验收以后，会得到很多用户对整个数据库的修改意见，这些修改意见对已经设计好的数据库都会或多或少地产生影响。因此必须根据用户的修改意见，对数据库的概念设计、数据库的详细设计、实施规划进行一定的修改。修改后的方案应当以书面形式正式起草，以备后用。

（5）正式数据库实施的开始

数据库的概念设计和详细设计修改以后，便可以开始正式的进行数据库实施了　实施的过程，应当以实施计划为指南，尽量按照计划进行实施。但是再好的计划也是不可能完全准确的，在实施过程中常常需要对实施计划做或多或少的改动。任何方面的改动都应当以书面形式备案，做到有案可查。

3.7　数据库实施

试点项目的顺利完成是整个数据库实施的必要保障。数据库的真正实施要求按照计划好的过程按部就班地进行。如果前面的各个过程，包括数据库的概念设计、详细设计、自动化实施计划等都能够认真地完成，这一步的实施通常是一个项目的总监督过程。

第四章　GIS 管理设计

4.1　GIS 管理范畴

4.1.1　GIS 管理的重要性

GIS 是信息技术、数据和数据处理过程的综合体。一个机构在开发和使用 GIS 时，不仅需要对技术的本身有足够了解，还要具备有效、全面和可行的组织和管理能力。尤其是在目前，GIS 技术的发展愈来愈趋于成熟，各种工具软件、分析软件、甚至是应用软件应有尽有，给人以无从选择的感觉。一个 GIS 系统建立的好坏与否已经不是技术本身能够决定的了。开发和管理这种系统的人开始扮演着越来越重要的作用。人，尤其是机构内的主管人员对 GIS 的理解，对在机构内 GIS 可以起到的作用，对使用 GIS 来提供日常工作效率的可行性的认识程度，都将成为决定这个 GIS 系统成功与否的决定性要素。

由于计算机及其相关技术的发展，目前发达国家已经或正在开始建立电子化的机构和企业。GIS 也是这一过程中很重要的部分。越来越多的政府机构、商业团体，甚至是个人都在不断地对 GIS 的作用和影响有着日新月异的认识和理解。如何有机地将 GIS 和机构及企业的电子化结合起来，达到优化的运作和管理，应是企业及机构的高层领导人士关心的问题。

GIS 的管理是多层次的，从高到低可以分为：决策性管理层、计划性管理层和实施性管理层。决策性管理层主要是指机构或企业制定 GIS 战略的高级决策层。计划性管理层是指在决策管理层制定了 GIS 的战略方向以后，计划 GIS 系统实施的阶层。实施管理层则是具体进行实施管理的阶层。对于大型的机构或企业，这三级管理层是很明显的，例如一个城市 GIS 系统的建立，常常首先是市级主管技术的领导层从整个城市的发展角度出发来制定有关 GIS 对该城市的发展的战略方向。这种战略方针确定以后，将下达到有关的部门来组织和领导该项目的发展和实施。这种组织可能是暂时建立的，例如城市 GIS 发展委员会或类似的机构，它的成员可能是从各个实施层的部门中调用的，也可能是一个常设的机构。而实施管理层则是由各具体的市政部门组成，可以包括市政部门、税务部门、交通部门、土地管理部门、火警部门、环境保护部门、教育部门等等。对于小型企业来讲，这三级管理层可能就不是很明显，有时决策管理层和计划管理层可能合二为一，也有可能是计划层和实施层合二为一，但无论如何三级管理机构的鼎力合作、相互支持、相互信任是建成一个全面的、企业化的 GIS 的重要保障。

GIS 项目管理中，除了在层次上是有分别以外，与机构的类型也有一定的关系。机构类型的不同，使得管理者的出发点和立场不同。从机构类型上分，主要有两种：一种是机

构在建立 GIS 时由内部技术人员完成的，因为开发 GIS 的一方也是使用 GIS 的一方。我们可以将之称为用户方 GIS 的项目管理。另一类是指那些专门提供 GIS 技术服务的机构和团体，他们通常具有丰富的 GIS 技术和管理经验，帮助各种不同的机构建立其 GIS 系统，我们称之为咨询方 GIS 的项目管理。用户方和咨询方 GIS 管理有时是一致的，有时却是完全不同的，即 GIS 的用户方通常是咨询方服务的对象，所以自然会从各自利益角度来对同一个系统进行不同的管理。

本章从用户方和咨询方两种角度来讨论第二层和第三层的管理方法。因为一个 GIS 的计划和实施过程包含着更多的管理技巧，同时大多数 GIS 专业人员所从事的工作既可以是用户方的又可能是咨询方的。

4.1.2 GIS 的决策性管理

GIS 在一个机构内的形式通常是三种：企业型、中心型和工具型。企业型 GIS（EnterPrise GIS）的方式通常是将 GIS 作为机构的主要技术来使用，GIS 将协调各部门之间对 GIS 和数据的要求来进行 GIS 的整体设计和规划。这种方式的 GIS 系统的建立通常也采用正规的系统设计方法，以达到降低工作的重复性和最大限度地扩大潜在内部用户。它也是最高度的结合和管理的 GIS 执行形式。

企业型 GIS 的特性主要是数据和应用都是设计成交叉式和功能式。从整个机构的整体目标出发来识别和支持相同的或类似的业务，减少重复性，加速发展的速度和提高数据的共享性。企业型 GIS 帮助机构某一部分建立自成一体的独立应用，又使其与其他部门共用具有同一标准的数据和同一技术的基础设施。这种基础设施允许各类不同的应用可以有相同或类似的人机交互界面。

许多机构认为企业型 GIS 是唯一能够使企业或机构保持整个 GIS 的可持续性发展的一种形式。尤其当机构是一种分布式结构时，数据仍然是企业型 GIS 中的关键要素。GIS 是一个要有很多数据的技术。随着 GIS 更多地被应用到决策部门，数据的质量和现势性就会变得越来越重要，企业型数据模型可以协调传统的机构业务与数据之间的关系。那些能够成功地掌握和管理空间数据的机构将会获得更多更大的成功。

在一个不以 GIS 为中心业务职能的机构，通常可以建立一个 GIS 技术服务中心。这个 GIS 技术中心可以管理整个组织机构内与 GIS 有关的技术服务，通常可以以项目的形式作为中心的基本业务。这种方式如果管理不妥或不善，也不可避免地造成重复性的工作。例如，不同的部门对同一数据可能有不同的要求，如果 GIS 中心没有足够的权限来协调这种需求，各个部门可能就要自行生产适合自己使用的 GIS 系统。但一般来说中心型 GIS 方式仍不失为一个既便宜又有效的建立初级 GIS 的方式。

在一个专业应用更强的机构内，GIS 可能只能作为一种技术工具，而且是被嵌入在其他专业性系统当中。用户在使用系统时可能甚至不知道 GIS 的存在。这种工具式的 GIS 在西方社会存在于很多应用软件当中，例如可口可乐公司等使用的市场分析软件、道路选线软件当中，环境部门使用的水文模型或流域模型等均有 GIS 的各种功能。

以上三种方式也可以混合使用。决策者可以根据需要由专门提供 GIS 服务的机构来生产专门适用于其目的的系统。Aronoff 在他的《GIS——一个管理的层面》一书中曾经对此类 GIS 服务做了一个指南性的总结（Aronoff，1989），见表 4-1。

表 4-1 GIS 实施指南

实施考虑	用户产生系统	购买 GIS 软件	购买完整的软件产品	购买完整的 GIS 系统	购买 GIS 服务
对提供者的依赖性	低	低	高	很高	很高
到系统运行的时间	长	长——中长	短	很短	很短
初始费用	低	中等	中等	高	高
人力费用	高	低	中等		很低
风险和不确定性	高	较低	低	低	中等
灵活性	完全可以	完全可以	中等	中等	不定
对用户技术要求	很高	高	中等	中等	很低
现有资源的利用	高	高	中等	低	很低

机构的特性通常是 GIS 项目的预算越多，则规划的过程就越完整、越全面。例如美国一个联邦政府机构预算了 40 亿的实施项目，自 1984 年起该项目进行了完整的、正式的价格利益分析。到 1997 年为止，该项目已经按部就班地花费了约 2 600 万来对整个系统进行自动化，项目有相对稳定的专业人员来设计和实施，项目的进度也基本能够保证。而另一个县的城市规划部门的系统只花了 10 万美元，在过去 7 年当中，该项目主要是由自愿来服务的人进行实施和试验，并没有正式的 GIS 部门，也没有一个详细和完整的计划。至于 GIS 到底在该机构能够发展到哪一步，恐怕也无人知晓（Wiley，1997）。

从管理方面讲，GIS 预算越多的机构，就会有更稳定、更重要、更具影响力的人物来进行管理。这些职员通常参加工作时间较长，他们很了解该机构内的组织情况，了解从哪里能够得到人力、物力和财力的帮助和支持；同时又对 GIS 有较全面和深入的理解和认识。通常还具备很好的社会关系和社交能力。这种人对一个 GIS 项目的上马、管理、实施到完成均会起到关键的、必要的支持和保护作用。

从用户方的 GIS 实施角度，一些有经验的 GIS 实施专家总结了十多条有关保证 GIS 实施顺利成功的关键要素。我们列举出来主要的部分供读者借鉴：

（1）要有理解 GIS 的领导来支持和推动 GIS 的发展；

（2）要有高层管理人员的支持和理解；

（3）要不断地对 GIS 技术和管理人员进行必要的技术培训；

（4）协调 GIS 的开发和人员的连续性；

（5）要有长短期的规划；

（6）进行全面完整的用户需求分析和评价；

（7）尽可能地精确估计系统开发所需要的时间和造价；

（8）制定财政规划和确定财政来源；

（9）明确 GIS 发展目标和目的；

（10）制定周密、严谨的项目合同；

（11）借鉴其它机构的成功经验；

（12）真正实施和完成试验项目；

（13）考虑到 GIS 项目的共享性，与其它有关部门友好合作。

在 GIS 的决策实施过程中，应当采用渐进式的而不是急进式的方式来有效地开发 GIS（Wiley，1997）。急进式的 GIS 实施是从无到有的过程，而渐进式的 GIS 开发方法则是对一个有了完整的或部分 GIS 系统的机构更为适合的方法。只有渐进式的 GIS 实施方式才可以保持 GIS 系统的持续性发展，才能最大限度地使用机构现有的各种资源，同时又可以逐渐地使机构过渡到 GIS 的完全使用阶段，使这个从非 GIS 的运作平稳地过渡到 GIS 的运作阶段。在决定一个机构的 GIS 系统开发应当采用什么方式，可以从下面几个方面来审定：

（1）机构各部门间需要改善的服务是什么？

（2）目前机构的最大问题是什么？

（3）哪些问题必须要解决的，才能使 GIS 更有效？

（4）GIS 是否真的需要提高？

然后从技术上应该考虑下列的问题：

（1）机构是否具有网络系统；

（2）数据共享是否是机构目前的第一目标；

（3）机构是否有具备足够的、合适的 GIS 技术人员；

（4）其他关键的信息系统是否到位；

（5）整个机构是否有统一的数据标准；

（6）是否有足够的资金。

一个机构的 GIS 决策性管理是该 GIS 是否能够顺利地设计、实施和使用的关键因素。如果一个机构实际上并不是急需建立 GIS，而因决策失误，匆匆上马，其结果是可想而知的。

4.1.3 GIS 管理的范畴

一个机构的决策管理层在制定出 GIS 的组织形式和实现的主要方式后，接下来便是 GIS 项目立项、设计和实施了。这一系列的过程通常都将由 GIS 的项目经理来管理完成。

GIS 项目管理的范畴很广，从项目开始立项，到项目的完成和报告，完全由 GIS 的管理人员掌握。可以说一个 GIS 项目的成败与否完全取决于项目管理人员管理的好坏。无论是哪一类机构建立的 GIS 系统，其管理者管理的范畴通常都包括以下几个部分：

（1）项目的申请和立项。项目的申请和立项是一个 GIS 项目计划和实施的第一步。它以机构的 GIS 决策管理方针为指南，从内容和技术上定义一个项目，并向有关的机构或部门进行申请。

（2）项目的经费预算、协商和落实。在项目的申请被审批通过以后，项目管理人员要根据项目的各种情况来计划项目的预算，并寻找和落实各种财政来源。经费预算部分在 4.4 节进行详细的讨论。项目资金的来源通常包括内部和外部两个方面。内部主要是指机构的本身。一般项目在立项以后，机构内部会拨一定的专款来进行项目的实施。外部通常是指该项目在完成之后可能受益的团体。当然，要从这些受益者手中拿来资金，要求项目管理人员一定的人际关系和游说能力。

（3）项目的业务人员组成。一个项目的内容范围和资金都得以落实以后，项目管理者就要考虑人事问题了。如果希望项目顺利地完成，必须具有一个团结一致、技术能力很强的队伍。

（4）项目技术路线的参与和控制。项目管理者虽然不直接参阅项目的具体技术设计，但是各种技术设计和实施的方向仍然是项目管理者的责任范畴，因为项目的管理者对整个项目的最终目的和意义是最清楚的。

（5）项目人员的表现评价和积极性的调动。一个好的技术梯度是需要项目的管理者来组织、领导和调动的。4.5 节将介绍有关人事方面的管理技巧。

（6）项目的经费控制和工作进程的协调。GIS 项目可能会长达几年，在这段过程中，项目管理者的最重要的责任是经费的控制和项目进度的监督。第 4.3 节和 4.6 节分别介绍技术有关的内容。

（7）项目问题的处理。对与项目有关的各类问题的处理常常会是 GIS 项目管理者的日常工作，好的项目管理者也是一个好的问题解决者。

（8）项目质量的验收。项目在完成以前，项目管理者需要对项目进行内部把关以保证质量。这种质量的把关包括两个方面：一个是要符合实施单位内部的质量标准，另一个是系统最终使用单位的所谓外部标准。第 4.4 节将对此进行必要的介绍。

（9）项目最终的收尾和评价。项目收尾和经验总结是项目管理人与实施参与人员需要完成的最后一项任务，也是常常被忽略的一个环节。

作为一个 GIS 项目管理者，不仅要具备管理方面的能力和对 GIS 专业技术的精通，还要拥有一些专门的特质。下面是总结出的 GIS 项目管理者应当具备的主要特点：

- 具备 GIS 的基本理论知识和相当的实践经验；
- 喜欢技术方面的管理工作；
- 在属下犯了错误，而自己受到埋怨甚至是指责时也并不在意，能够将自我的感觉放在第二位，勇于承担责任；
- 相信其他的人和其他人所做的工作；
- 愿意并喜欢和人打交道，愿意和一组人一起工作；
- 别人工作出色的时候，情愿去赞扬别人；
- 有很好的组织能力，能够团结他人，调动他人的积极性；
- 做任何事情均能有条不紊，具备处理棘手问题的能力。

4.1.4 GIS 项目管理的组织结构

GIS 项目管理层的组织结构在政府和私营机构有很多不同。政府机构在建立 GIS 时通常有许多部门的参与，各个部门有自己的要求，维护本部门的利益。因此，一般需要设立一个项目委员会来协调各方的利益，承担和监督项目的设计、实施和运行。这种委员会可能只是暂时的，在项目完成之后，也就随即解散。例如著名的加拿大艾伯塔省土地信息系统项目是一个大型的 GIS 项目，该项目从最初的构想到基本的完成花费了大约 10 年时间。该系统目前已经进入了正式的运行阶段。

咨询方的 GIS 管理和技术人员的结构可以有很多种，各种方式也有其优缺点。主要的组织结构有两种：第一种是传统的方式，以部门的形式构成机构内的主要单元，在一级主管之下有各个不同部门管理层，各部门的管理层下面则由技术人员组成。另一种方式是如图 4-1 的所表示的矩阵式结构，即在一级主管之下只分为管理层和技术层两类。管理层由项目经理组成，各个项目经理以其所管理的项目与技术人员发生联系。这种组织方式的

优点是项目的管理和技术人员明确，对于一个项目来说也很固定，但其缺点是上下级关系不够明确。

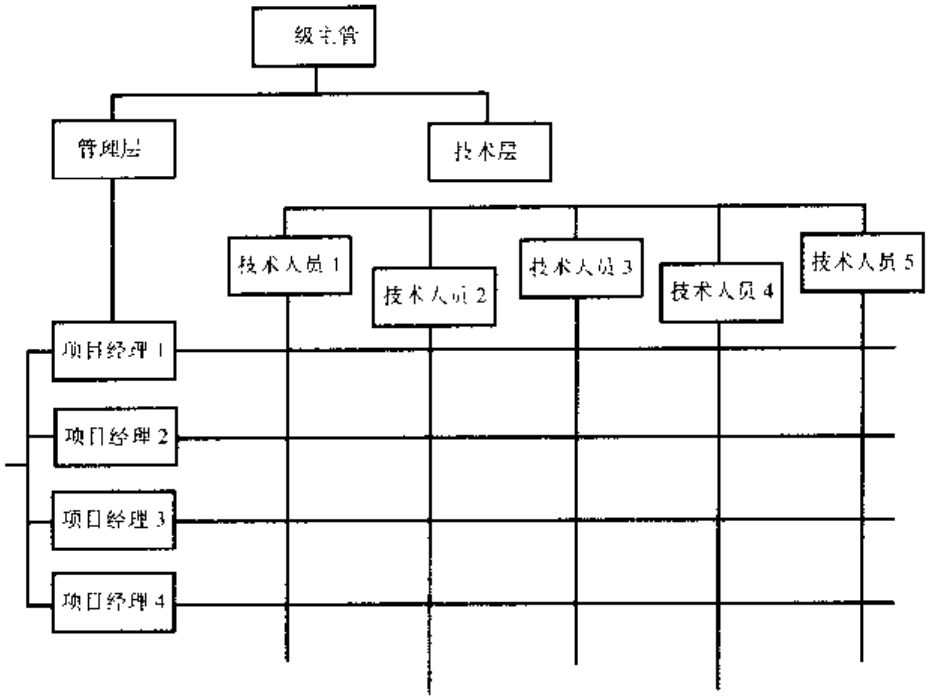


图 4-1　典型矩阵式机构结构示意图

4.2　项目规划

越来越多的机构都在开发 GIS，其目的是为了有效地提高生产力，包括节省资金，或减少人员，或提高服务质量和提供更高级的服务等等。在另一方面，发展 GIS 所需要的软件和硬件设备已经越来越便宜，使得机构更能够支付得起开发和实现 GIS 的费用。

但是，现实常常事与愿违。1989 年一个调查表明，在美国和加拿大只有很少的 GIS 系统被认为是真正地完成并正常运行的（Croswell，1989）。另一个对 500 个自 1977 年以来建立的 GIS 系统进行调查表明，15%的项目在实施过程中流产，或完成了的系统根本就无法使用（Demarco and Lister，1987），25%的大型项目根本不能完成（Jones，1981）。这种大型项目是指 25 年以上的项目。而这些项目的失败都不是技术上的问题，而是组织和管理中的问题，项目在设计规划时便已经预示着其不成功的结果（Camped，1992）。其经验是任何 GIS 项目的计划和实施都必须根据机构的状况和要求具体分析，而不能不顾具体情况的要求，只注重技术上的细节。

本节着重讨论一个全面而又有计划的 GIS 设计过程。

4.2.1　项目计划的必要性

GIS 在机构内的使用，通常是从一个部门开始。在这个部门中，GIS 所带来的利益和优势更为明显和突出，因此对 GIS 的采用和开发的要求也更为强烈。例如，一个城市的制图部门，很多的图可能需要反复地制作，每次可能多少有些改动。该部门可能会是该城

市系统里最先开始使用 GIS 的。这时候的 GIS 系统还只是单一部门、单一功能的。随着 GIS 的建立和不断地发展，其他提供数据和使用数据的部门便开始逐渐认识到 GIS 的作用和意义，例如测绘部门、地籍管理部门、市政部门等等。对于整个城市系统来说，GIS 的发展便开始从单一的部门系统走向多部门、多目的、多功能的系统。GIS 系统本身也从简单的向大型的复合系统发展。数据需要共享，甚至是结合，机构内的组织和管理过程常常也受到影响做出相应的调整。以往较独立的计算机和软件需要连接起来实现数据和功能的共享。常规的数据处理和管理过程需要高级的人力和物力资源。对整个机构内信息数据流动过程有必要进行重新的认识，以便更好地协调和结合各个部门对数据和数据处理的不同层次的要求。从组织角度看，可能需要更高层的设计管理人员来管理、开发和维护整个系统。有时候，在这种从单一部门的 GIS 系统到多部门共同使用的系统过程中，不可避免地要抛弃现有的软件和硬件系统，有时甚至是技术、数据和人员。

协调和解决以上各个方面的最好方法就是制定一个计划。经验表明，虽然有计划地开发系统不能保证其成功性，但是没有计划而开发的系统肯定是失败的，有计划而不按照计划实施的系统也注定要失败的。那么做计划应该到什么层次？什么人应该参与？做计划的过程应该怎样？回答这些问题便是本章节的内容。

4.2.2 项目计划的方法和过程

GIS 的策略性规划方法很多。表 4-2 是一个较通用的方法，该方法主要包括五个部分：

表 4-2 项目决策计划书的主要内容

介绍
• 计划书的目的
• GIS 系统开发的主要目的和主要过程
背景
• 有关的背景信息
• GIS 系统在该机构的起源和目前发展状况
• 其它有关的信息和情况
系统建立的范围和目的
• 系统建立的目的和目标
• 系统建立的实施范围
• 系统的粗略的预算、时间和组织
系统开展的参与者和现任范围
• 系统开发的管理机构
• 系统开发的执行机构
• 系统开发参与机构的关系
• 系统开发的主要的任务
系统开发的进度安排计划
• 系统各任务的起始和终止日期，任务与任务之间的关系
• 项目进度一览表
• 项目有关的主要会议日期，各阶段的重要日期，如报告日期等
系统的预算
• 所有项目的有关的预算，包括参加会议、出差、系统展示、设备购买、人员费用等
• 项目资金的来源和数目

（1）机构的状况分析和调查。从 GIS 的角度来了解一个机构目前的组织、任务和技术状况。详细可以包括下面几个内容：机构的任务、目前的业务范围、长期和短期的发展目标，有哪些部门组成，其主要的责任范围和业务类型，各部门所需要使用的或生产的数据产品，技术力量的层次，对使用信息技术和 GIS 的态度，人力、物力和资金状况等等。状况分析和调查为下一步计划提供了概念化的基础。

（2）机构的 GIS 系统开发目标。明确地定义整个机构 GIS 总的发展方向，这个总方向应当与整个机构的任务和责任范围相一致，而且应当对整个系统各方面的能力做出明确的定义。因此，制定总方向的这一过程应该包括机构内高层的管理人员。高级管理人员对整个系统开发的必要性的理解和认识将会对整个系统的发展有所帮助。系统所涉及到的各部门中管理和技术人员也应该是这一过程中不可缺少的部分。他们可能是系统建立过程中的实施者，也可能是系统完成后的使用者，他们对 GIS 系统的理解和认识程度是系统成功开发和使用的不可缺少的部分。最后，系统的最终用户也应当参与这一目标的制定过程。他们对系统开发满意程度直接影响到系统完成后的运行。

（3）系统开发的可行性分析。主要包括资金、技术力量和组织运作三个方面。资金的可行性分析应当考虑到整个 GIS 系统的实施、运行和维护的全过程。通用的方法是价格一效益分析技术，该方法根据花费和所收回的效益进行比较来决定投资的速度和内容。根据系统发展总目标的要求和资金状况的要求，相应地计划系统开发所需要的时间。在技术可行性方面，由于 GIS 系统的用户可能是多层次的，因此所需要的技术服务也是多层次的。根据目前技术发展状况，是否每一个层次的要求均能够满足？若不能直接满足，是否有其它的辅助方法？另外，技术的可行性还应包括技术人员和最终用户的专业水平是否能够满足需要，否则需要进行必要的技术培训 D。组织运作方面的可行性主要考虑整个机构能够或愿意承受这种技术和组织变化的能力。通常多目标、多部门的 GIS 系统的开发过程需要几年的时间跨度，在这期间，不仅要保证系统的正常开发，还要使整个机构继续保持运作状态。如何处理好这两者之间的关系和过渡会是伴随整个系统开发全过程的问题。

在进行可行性分析过程中，也应考虑到整个分析过程主要是基于目前的状况，随着时间的推移，很多因素都在不断地变化，这种变化可能对项目实施有很大影响。

（4）系统开发的方案选择。在确定了机构 GIS 系统的总目标并完成可行性分析以后，便可以开始制定和选择系统的开发方案。最终选择的方案将覆盖 GIS 系统的各个方面，包括数据部分、功能部分、系统的整个软件和硬件的框架等等。该过程还将整个系统的功能分成子项目，并拟定各子项目的技术设计和实施部门、进度安排和实施管理方法等。

（5）GIS 系统决策规划书的起草。在 GIS 系统开发方案选定后，需要将方案起草成文件的形式，一来可以提交给机构的决策部门审批，同时又可以作为将来系统规划和实施的指导性文件。

项目策略规划书的内容框架有多种方式，但不外乎几个主要的内容：包括项目的背景、目标和范围、参与者及责任范围、基本的预算和进度安排等（见图 4-2）。

4.2.3 GIS 项目的实施性计划

GIS 项目的实施性计划是将概念化的策略性规划转化成具体的实施过程。从实施的角度看，每一个主要功能都可能成为一个较为独立的项目，每一个项目都需要进行一系列的

计划。实现一个完整的 GIS 系统，实施性计划的过程主要包括以下七个方面。

（1）需求分析：对机构内的各个部门的需要和业务范围进行评价，了解其所需要的各信息，从而决定如何有效地使用 GIS。

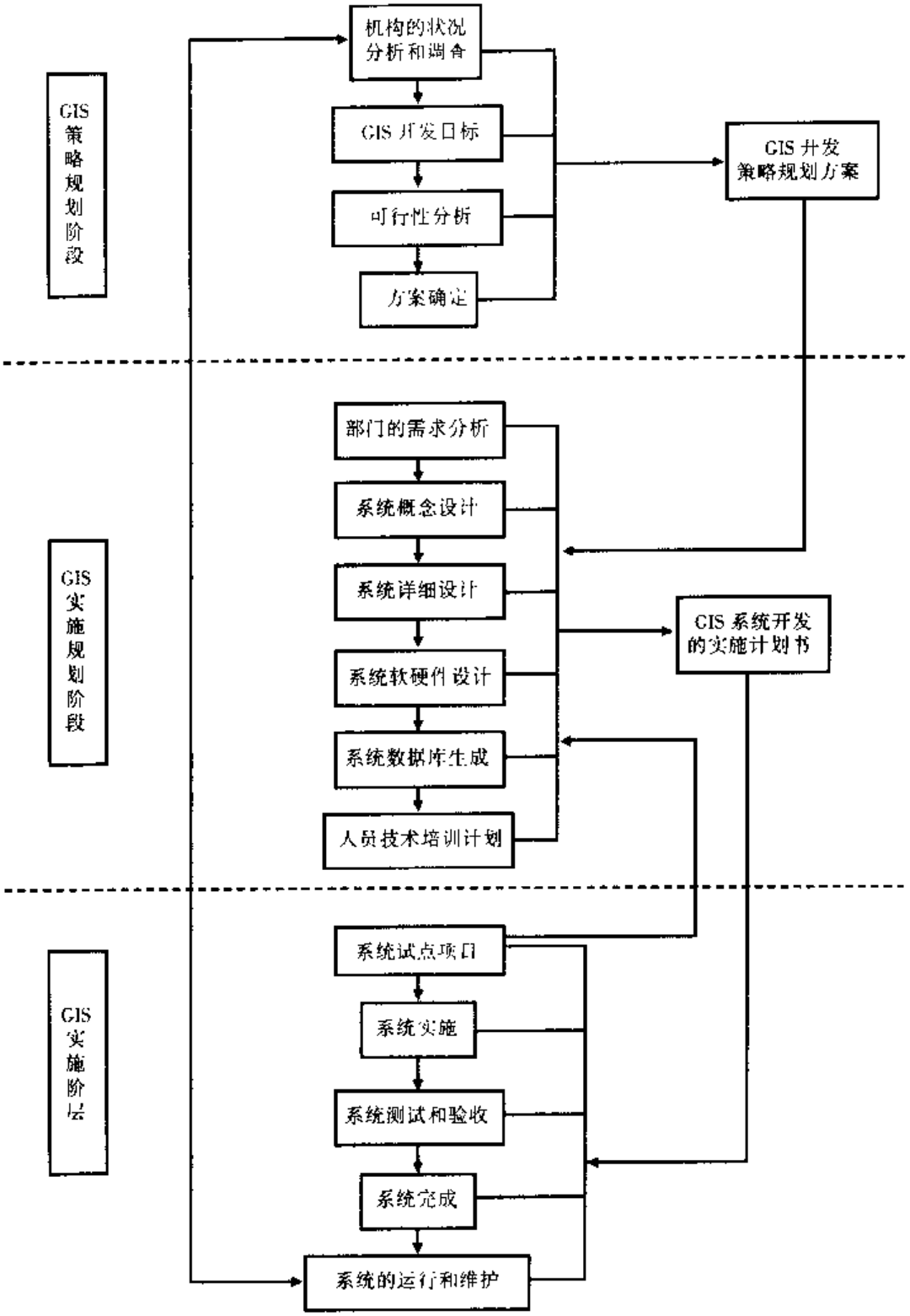


图 4-2　GIS 系统建造的全过程

（2）GIS 项目的概念设计：在确定了各个部门的 GIS 需求和应用方式后，便需要决定达到这些使用目的所需要的数据、处理过程及技术要求等等。

（3）GIS 项目的详细设计：将各个部分的概念设计转化成详细的技术流程，包括数据机构、数据库模型、所使用的软件和硬件、各种软件接口程序的设计等。

（4）GIS 项目的软件和硬件设计：各部门的软件和硬件系统的构成框架。

（5）数据生成和转换：各个应用部门所需要的数据按照其需要的格式转换成数字形式。

（6）技术培训：对使用、运行和维护系统工作人员进行必要的技术培训以确保系统的最佳运行。

（7）GIS 系统实施计划书：将前面几个部分的计划写成书面文件，分发给有关管理人员，作为将来实施的指南。图 4-2 是一个典型的实施计划提纲。

每一个项目计划书在递交以前，应该根据下面的检查清单再进行一下核实：

（1）是否定义了明确的项目目的、项目的范围，该项目的目的是否符合目前机构的情况和要求，项目是否有充分设立的必要。

（2）是否有一个强有力的项目工作小组。

（3）项目的各项任务是否划分得合理，特别是是否有遗漏。

（4）各项任务的进度是否预先做了清楚、合理的安排，特别是时间上是否充裕。

（5）各项任务的最终产品是否有明确的说明，尤其是质量的标准是否给以定量或是定性的说明。

（6）项目的各个参与团体的责任和义务是否给予明确的定义，各个参与者之间的合作和信息交流应该以什么方式来进行等。

（7）项目的完成是否是建立在某些前提条件的基础之上，若是，这些前提条件是否有完整且清楚的说明，哪些机构负责满足这些条件。

（8）项目完成过程中，可能出现的变化有哪些？例如项目计划三年完成，在这三年中，GIS 和相关技术可能有很大的发展，这种发展可能会大大地影响到项目的进展等等。

4.2.4 子项目制定的技巧

子项目的确定是整个 GIS 系统设计过程中最重要的环节之一，因为各项任务的内容及范围的制定给整个项目提供了一个共同的基础任务，各子任务的合理制定使得大大小小的细节均不会遗漏，而使得整个计划、预算和质量得以保证。在管理方面有很多的方法来将整个项目分成子任务，而最常用的是将整个项目划分为 6 个层次的方法，如表 4-2 所示。

假如是咨询方的 GIS 项目，通常机构内会建立一个常用 GIS 项目及任务一览表。在各种项目的计划和预算过程中，只要系统或项目有明确的功能定义，便可以从表中直接查询到其可能的子任务，甚至是具体步骤，这取决于这个表的详细程度。表 4-5 是一个简单的例子可供参考。

4.3 项目进度安排

项目进度安排是 GIS 项目管理者在项目进入设计和实施以前需要完成的。后续的设计和实施应当以此为本；在没有特殊情况发生时，依照进度安排计划完成整个项目。因此，

一个 GIS 项目进度的安排从可行性或需求分析开始，到系统的设计、实施和测试等，根据计划书中制定出的各个子项目、任务等内容，逐一在时间和顺序上进行安排。

表 4-3　项目实施计划书的主要内容

介绍

- 计划书的目的和主要的使用对象
- 有关的指导性文件和辅助性文件

背景

- 系统开展的策略性目标简要概括
- GSI 在该机构的起源和目前发展的状况
- 其它有关的信息，如参与的部门和情况

系统建立的范围和目的

- 系统建立的目的和目标
- 系统建立和实施范围
- 系统的粗略预算，时间和组织

概念化的系统发展概述

- 概念化地说明系统的主要功能、数据库存的内容，对各部门的影响，各子功能开展和影响各部门的先后次序
- 系统功能一览表，数据流一览表，系统功能与部门关系一览表等

系统开发的管理概况

- 系统实施的管理层部门及成员介绍
- 各管理部门和成员的机构和它们之间的关系
- 各管理层的责任范围和信息交流方式

系统各子项目的描述

- 系统实施的主要功能流程
- 详细说明各子项目的输入、输出和处理过程
- 对于复杂的子项目，使用图表加以说明

系统开发的进度安排计划

- 系统各子项目可以分成阶段来实施，各子项目实施的起始和终止日期，项目与项目实施之间的先后顺序和依赖关系
- 系统各项目进度的盲方图一览表

系统实施的预算

- 所有与项目有关的资金情况，包括已经到位的、审批提供了的和正在申请和正在审批的系统实施过程中的行政管理
- 详细定议所有参与系统开发部门的管理权限，包括人事、资金、合同、进度、政策等方面

表 4-4　六层次项目划分法

层次	内容
1	整个项目
2	项目
3	任务
4	子任务
5	具体工作
6	步骤

4.3.1 进度安排的几个原则

进度安排的方法有很多，不同的项目管理者根据自己的偏好和习惯来选择不同的方法。在进行进度安排时，无论采用哪一种方法，都应当遵照一定原则。下面是建议的一些原则。

（1）简单性：进度计划应当简单明了，容易理解，不需要做烦琐的解释；

（2）灵活性：进度计划应当能够根据事态的发展做灵活的调整；

（3）时间充足性：项目参与人员在项目开发过程中有充足的时间来完成各项任务；

（4）重要性：要表明各任务之间的相互制约的关系；

（5）顺序性：以日历为线索进行安排通常是最好的方式；

（6）质量评估和内容修改：制定过程中应该有每个任务的评估和修改时间；

（8）非技术因素影响：安排不应太紧，要考虑到很多非技术部分的影响；

（9）使用图形的表达方式：可以用图表的方式来体现整个过程。

表 4-5 常用 GIS 项目任务一览表

A. 项目规划	E. GIS 分析
1. 可行性分析	1. 分析模型定义
2. 市场调查	2. 分析模型的过程设计
3. 技术调查和评价	3. 分析模型实施
4. 报告起草	4. 分析制图
B. 试点项目	5. 分析制表
1. 数据收集	6. 分析自动化编程
2. 数据数字化	7. 分析报告生成
3. 数据编辑	F. 应用系统开发
4. 数据质量控制	1. 系统的用户需求分析
5. 制图	2. 系统的设计
6. 设备购置	3. 系统的设计报告起草
7. 设备安装	4. 系统编程
C. 数据库存生成	5. 系统测试
1. 数据库概念设计	6. 系统运行报告和安装
2. 数据库详细设计	7. 系统培训
3. 数据收集	8. 系统的用户报告
4. 数据数字化	9. 系统维护报告
5. 数据转换	10. 系统维护的技术服务
6. 数据编辑	G. 其他
7. 数据质量控制	1. 人员技术培训
8. 数据修改	2. 项目管理
9. 自动化编程	3. 系统维护
D. 数据输出	4. 数据安全备案
1. 制图	5. 项目技术会议
2. 数据制表	6. 项目中期报告
3. 自动化编程	7. 项目终期报告

4.3.2 项目进度安排的常用方法介绍

了解了 GIS 项目进度安排过程中的主要原则，下面介绍和比较四种进度安排方法，它们分别为里程碑表示法、直方图法、关键路径法和墙纸法。

1）里程碑表示法（Milestone Chart）

里程碑表示法的特点主要有两个：一是每个主要的任务均被作为一个阶段来处理；二是常规任务的内容与特殊的内容得到区分，看上去一目了然，很容易使用，制作和修改起来也很方便。其缺点主要是在表中不能表达出各项任务间的关系，并且不能以日历形式看出进程，所以对项目进程的控制能力比较差。

表 4-6 是本方法的样本。其中任务编码和主要内容与项目计划书中列出的任务（参见表 4-5 的常用 GIS 项目的任务一览表）相吻合。负责完成的小组和预计与实际完成该项目的时间都在该表中列出。常规任务一栏表明该任务是否是机构内常规任务。其意义在于如果该任务不是常规任务，则可能需要引起更多的注意，任务的完成可能会有或多或少的问题，甚至是麻烦。

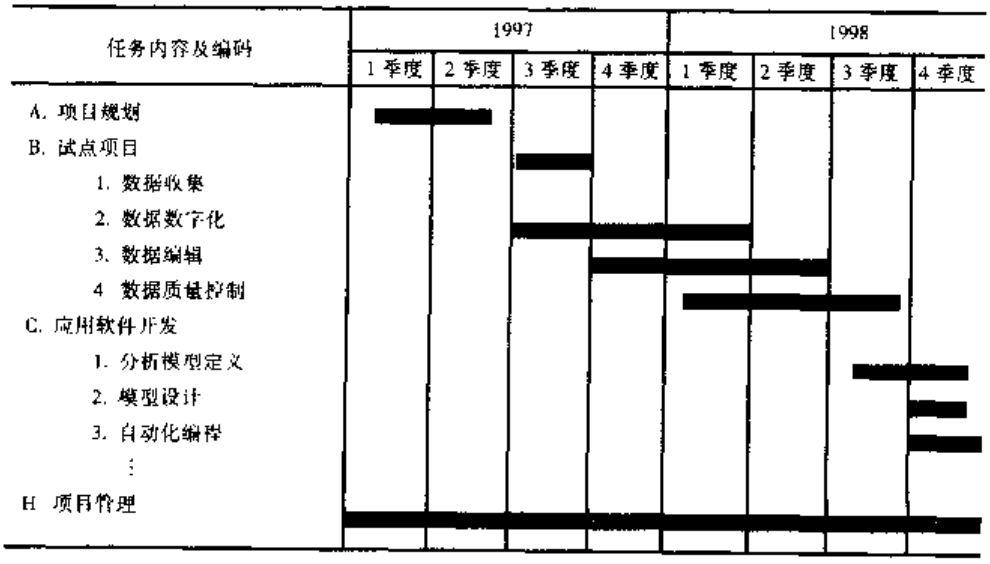
表 4-6 里程碑表示法

任务编码	主要内容	负责小组	预计完成日期	实际完成日期	常规任务

2）直方图法（Histogram）

直方图法形式主要见表 4-7，是目前使用较多的方法之一。其特点是以时间为线索来对项目中的每一项任务以直方图的方式进行视觉上的表达。这种方法的优点主要在于它以日历的方式来表示，所以很容易看出项目各项任务的先后顺序。直方图的表达方式又使得各项任务所需要的时间长短一目了然。直方图法虽然能够表达出各项目之间的先后顺序，但对于项目各任务之间如何相互影响缺乏描述，对于很复杂的项目，例如某一任务推迟，哪些任务会受到影响，则不能断定。

表 4-7 直方图进度表述法



3）关键路径法（CPM 法——Critical Path Method）

关键路径法主要使用三种图式的方法来表达项目中各任务之间的先后顺序和制约的双重关系。图 4-3 是这三种图式的定义。这三种关系的组合可以对任何复杂的项目进行清楚的表达，而且其分析能力很强。

在制定过程中，关键路径法要求项目的管理人员对各子项目之间的关系一清二楚，这样才能做好关键路径方法的图表。关键路径法的优点是它能够完全表达任务间前后顺序关系，对于项目管理者来说，很容易管理，因为关键路径在图中一目了然，很适于具有多个子项目的大型项目。其主要缺点在于不够灵活，制作起来很繁琐，制作的过程很费时。图 4-4 是关键路径法的例子。

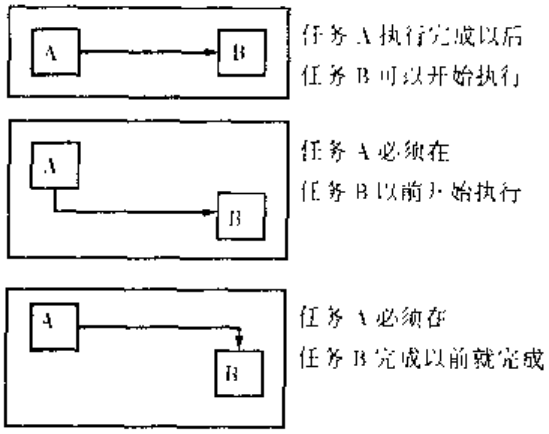


图 4-3　关键路径进度表达法的规则

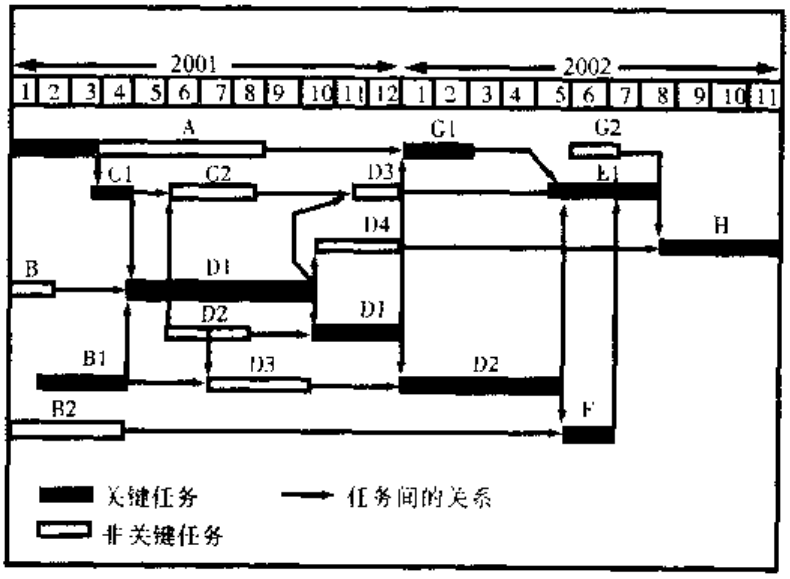


图 4-4　关键路径进度安排法示意

4）墙纸法（Wall Paper Method）

墙纸法主要适用于有较多参与者的项目类型，其主要特点是将各项任务的参与者都召集起来，根据项目进度的要求和各个参与者的时间紧张程度进行共同安排。其形式如表

4-8 所示。

墙纸法制定的过程主要分为下面几个步骤：

（1）项目管理者准备整体的样纸表，参与人员，列成时间段。

（2）准备初级的进度安排，包括

- 具体详细描述各任务的书面报告；
- 根据项目管理人员的计划将各任务的起始与终止日期抄写在一个卡片上；
- 将关键事件卡放在进度表上。

表 4-8　墙纸法示意图

项目主要的技术人员	第一周	第二周	第三周	第四周	第五周	第六周
张xx（规划）						
王xx（市政）						
李xx（工程）						
邓xx（测量）						
林xx（制图）						
杜xx（水管）						
赵xx（税务）						

（3）将项目各关键人员召集起来：

- 在会议以前分别将各项目的卡片发放给有关的参与人员；
- 分发关键任务卡给每一个参与人员；
- 在会议当中与参与者共同识别其它可能遗漏的关键任务并制卡；
- 根据各人员的参与能力和关键任务重新在墙纸表上安排各个卡片；
- 根据项目的进度要求来修改墙纸表

（4）将整个安排转化成直方图表，发给每个参与者；

（5）有必要时进行更改，并保证所有人员都知晓。

墙纸法的优点在于它在项目进度的计划阶段就使得有关的参与人员进行参与。这种参与是一种主动的参与，整个计划是得到各参与人员同意的。因为各参与的人员很可能就是要具体执行各项目的人员，因此他们参与所制定的进度应当更为贴切准确。在执行的过程中，他们也会积极主动地完成自己当初首肯的任务。墙纸法的制作对项目管理人员的组织能力和处理人事关系的能力要求较高。因为整个过程完成的好坏完全取决于各参与人员是否能够积极主动地与项目管理人员进行配合。

对于有些项目管理人员来说，墙纸法是最好的方法，他们一经使用就爱不释手，而且使用起来得心应手，而对于另外一些管理者则不然。

3.4.3　选择各种方法的原则

上面主要介绍了四种项目进度安排的方法，各个方法有长有短，在使用时候，从主观角度来说，主要取决于项目管理人员对于哪些方法感觉更为舒服，得心应手，便应当使用哪些方法；从客观角度，根据一些评价原则，可以笼统地对各个方法进行一个相对的评价，见表 4-9。

根据表中的评价，推荐各个方法的适用范围。里程碑法较适用于小型项目的计划和进度安排，可用于起草项目的计划书。直方图法适用于大多数的项目类型。关键路径法则适用于大型或较复杂的项目。墙纸法适用于参与人员较多的项目。另外，不同的项目管理者有不同的管理风格，有经验的项目管理者对各种方法都有不同的偏好。实际上，只要能够达到管理的目的，方法的使用并不是项目成功的决定因素。

表 4-9　四种项目进度安排方法的比较

评价原则	里程碑法	直方图法	关键路径法	墙纸法
简易明了	好	好	差	最好
准备的费用	少	中	很多	中
灵活性（更新）	小	小	大	中
对进度控制的能力	一般	好	最好	好
对大型项目的适应性	不好	一般	最好	好
对小型项目的适应性	最好	好	不好	好
项目人员的投入	一般	一般	一般	好
对使用者引起注意的能力	一般	一般	好	最好

3.4.4　项目进度安排过程中的一些易犯错误

GIS 项目进度管理上容易犯的错误主要有以下 7 类。

（1）对内部的回顾和修改不能留有足够的时间。很多 GIS 项目在实施的过程中都有中间产品，项目的各主要阶段也有标志性的产品。在这些产品交付用户或者是下一阶段的实施者之前，内部常常需要有充分的检查，换句话就是质量控制，一旦有问题，便需要进行修改，有时，这种修改只是修修补补性的，但是有时也可能需要大动干戈。因此，在作项目进度安排时，对每一部分的质量控制都要有充分的计划和认识。

（2）在各种条件还没有完全具备时就开始对内容进行设计或实施。在一个系统的实施过程中，有很多不确定性因素会影响到项目的进度。这些因素可能对设计的完成发生影响。为了追赶进度，有时会理所当然的在整个设计还没有完成以前就开始进行实施。实施的部分可能是已经设计完毕的。但是常常发生的情况是等到整个设计完毕时，原来设计好了的，已经开始实施的部分发生了变化。这种变化有时会导致整个实施的重新开始。

（3）对一个项目人员的可得性认识不足。本来预计将参与项目的某些工作人员，常常会因为人事方面的变化或是其他主客观方面的原因不能够参与，而这些影响往往在最终做进度安排时是难以预计。所以有经验的项目管理者会对不同复杂程度的任务留有一些余地，以使整个项目能够按预计的情况完成。

（4）过高估计项目最终用户对项目问题出现的回应能力。许多项目的各个阶段是要求与最终系统的用户共同来把关的，而这一过程常会因为有用户的参与而不容易控制进度。因此一个好的计划进度安排应该对这一部分有一个制约条件，否则轻则引起项目的拖延，重则说不定会引起各种公诉。

（5）缺乏对意外事件发生可能性的计划。西方有一个尽为人知的法则叫做“莫非法则”（Merphy's Law），英文原句是：“If something could go wrong，It will go wrong”。意思是说假若一件事情有可能出错的话，它就一定会出错。中国也有类似的说法，即“小概率

事件经常发生”。人们在做计划时总是以好的愿望来期待事情的发生。但事实却常常是事与愿违。所以做各种项目安排时应尽量多地找出可能会发生的意外事件，并在做计划中留有足够的余地。

（6）对合同开始以前和结束以后的各种行为缺乏安排。一个项目的合同生效到截止是项目管理人员重视的部分。但在之前和之后仍是会有很多的事情需要花费很多的时间和精力。例如合同之前，你可能会需要做些人事的变动，仪器、设备的购置等等。之后你可能会需要做小结性的内部的收尾等。这些细节均应该同等地重视并加以安排和计划才能够保证整个项目理想地完成。

（7）对不在管理人员控制范围内的情况估计不足。例如人事的调动、仪器的购置、数据的准备提供等。

4.4 项目财政预算计划

4.4.1 项目财政预算的主要内容

任何一个咨询服务类型的合同都必须具备三大要素：咨询服务范围、服务费用和服务质量，这三者缺一不可，而且互相制约。

GIS 项目财政预算通常是在起草项目计划书时必须做的一个步骤，也是 GIS 项目管理人员最常做的工作之一。对于私营企业而言，GIS 项目管理者对项目预算的准确与否，可以被用来评价一个项目管理者好坏的原则之一。

一般说来，GIS 项目的财政支出主要有七类。与某一 GIS 项目直接发生关系的费用被称为直接项目费用，否则被称为非直接项目费用。

（1）人力费用：指所有与使用人力资源来完成任务的费用。这种费用主要包括工资和有关的雇员福利。另外有一些与项目并不直接有关的费用，例如系统维护、数据备份、解决问题、日常的管理、技术培训等等。属于直接项目费用。

（2）材料和办公用品费用：包括各种办公用品、杂志和期刊、书籍、图件等费用。通常这些费用都是非直接的费用，即与项目不直接发生关系，属于非直接项目费用。

（3）设备费用：主要包括计算机硬件的购置或租赁费用、办公用具、复印设备、传真设备等等。对于高强度使用计算机的中央处理器，或计算机存储空间的项目，相应的费用也应该计划在内，属于非直接项目费用。

（4）软件费用：主要包括计算机软件的购置或租赁费用。使用各类软件的时间的长短也应当是计划中的部分。属于非直接项目费用。

（5）软件和硬件的维护费用：主要包括计算机硬件和软件及其它设备的维护费用。通常以每年 10%的损耗率进行计算。属于非直接项目费用。

（6）内部服务费用：主要包括机构内部某些部门的维持费用，例如人事部门，财政部门，市场开发部门，和各管理部门，这些部门通常并不直接参与项目的实施，只是间接地支持项目和整个机构的运行和发展。除此之外，还包括机构的各类保险、办公室租赁、各类通讯费用，例如电话、传真、邮件等等。

（7）其他费用：指不属于以上任何一类的，包括旅行费用、培训等等。

从以上七类项目费用中可以看到，除了第一类以外，所有的都属于非直接项目费用。那么在进行项目费用估计时应当如何计算这些非直接项目费用呢？在美国和加拿大根据最近对建筑行业的统计，其平均是总人力费的 1.67 倍。根据作者的经验，对于 GIS 咨询类的服务，这个权值应该在 2 到 3 左右，其原因在于 GIS 的咨询服务通常对设备和软件的要求较高。例如一个雇员的每小时工资和福利支付费用若在 $30，那么在进行项目预算时，他每小时的人力费用应当是 $60 到 $90 左右。对于不同层次的雇员，这个权值可以有不同。对于高级项目经理，权值可能会大一些，对于低层的技术人员，权值可以相应偏低。另外，对于机构信誉较好的，权值可以较高，对于新兴企业，可以从较低的权值开始。

4.4.2 项目财政预算的主要方法

这里介绍四种主要的项目财政预算方法：上溯法、下溯法、单价法和根据项目参与人员的费用来做预算的方法。

1）上溯法

图 4-5 表示了被称为“上溯法”的项目财政预算方法。该方法之所以被称为上溯，是因为它首先从项目的服务范围入手来推算最终的报价。该方法在使用时需要注意以下几个方面：

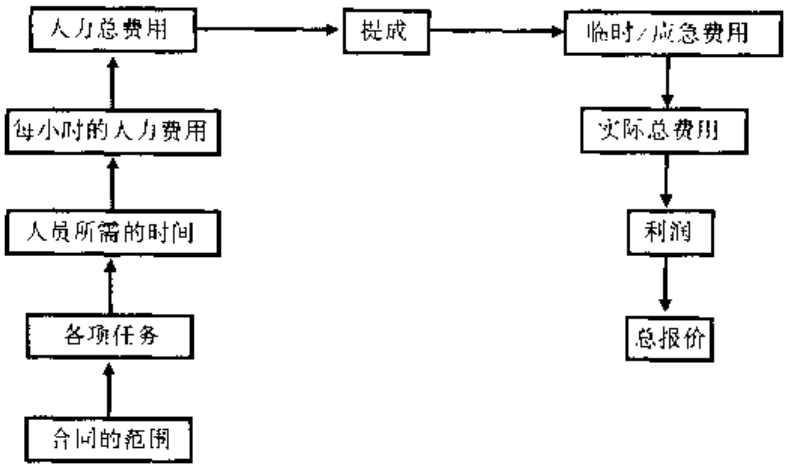


图 4-5 上溯法的主要过程

（1）项目的服务范围需要完全地理解。因为该方法是以项目的服务内容和范围来着手和定义，项目管理者对项目理解的一点点偏差都可能对总报价有很大的影响。在服务范围有模糊的地方，可以使用约束条件来对自己的范围进行必要保护。

（2）项目任务的划分：通常如果一个项目的任务划分基本准确，项目的总报价就不会有太大的偏差。因为推算总费用的过程，也就是对各个子任务进行估计的过程。对于子项目或任务的划分，应当尽量参考以往类似项目的有关技术和财政报告。比较其不同，然后再对各个子项目或任务进行报价估计。

（3）提成（Overhead）和利润（Profit）。在美国，对于咨询业来说，GIS 项目提成和利润的总合是每个美元约 1～2 美元，即平均而言，在整个项目报价中，可能大约 1 / 3 用于人力酬金，1 / 3 用于办公必须的费用，1 / 3 则为公司的利润。

2）下溯法

在整个预算有封顶时使用的方法，与上溯法完全相反，它是在项目总预算已经确定了的情况下常常使用的主要方法之一。

上溯法和下溯法可以结合起来使用，被称为迭回法。这种方法是既可以考虑到项目总费用的限制，又可以顾及到服务范围的一种兼顾型方法。

3）单价法

单价法是指以服务的某一个个别单元为计价的预算方法。这种方法适应于过程较固定的、重复性较大的项目类型。对于地图数字化等类型的项目，这种方法就很适应。例如，一个机构需要数字化 500 幅地形图，在考察了大多数的地形图的内容、质量，各类特征的疏密程度以后，相应地技术人员可以制定出技术路线和数据处理流程。根据最终产品的精度要求，可以估计出平均数字化一幅图的时间，然后根据人工和机构内提成多少制定出每一幅图的价格。

单价法的优点是简单易行，大多数情况下是适用的。其主要缺点在于，因为各类项目均不同，有时候使用单价法会不自觉地减少复杂程度的估计，所以在使用时应该小心谨慎，对项目要求和技术过程应该有仔细的研究。

4）根据项目参与人员的费用来做预算的方法

顾名思义，根据项目参与人员的费用来做预算的方法取决于机构使用的人员类型。这类项目通常在使用高级的技术人员的情况下采用。另外，该类项目可能无需对项目的责任范围加以严格的定义，而对服务的时间更为注重。

表 4-10 根据项目参与人员的使用来做预算的方法

项目周期	6 星期
技术人员 1	全职
技术人员 2	1/2 半职
技术人员 3	1/4 半职
技术人员 4	1/2 半职
根据经验，该项任务通常需要 6 个星期能够完成，那么：	
预算＝6 周×（1/2＋1＋1/4＋1/2）＝	13.5 周
每人每注时的人力费用＝50 美元	$27 000
10%的项目管理费用	$2 700
总预算：	$29 700

4.4.3 价格制定的风险程度评估

项目价格的制定具有一定的风险性。一般来说其关系如图 4-6 所示，即回收越高，风险越大。如何来平衡两者之间的关系则是仁者见仁、智者见智了。各个机构可以根据其经常实施的项目类型和项目经验建立一个系统的风险评价方法。这种风险评价方法主要是找出各种风险因子，然后根据各个项目的具体情况决定各风险因子的大小。表 4-11 是一个具体的风险回收评价表。表的左边分别列出了三种风险因子，在右边可以根据该项目的具体情况对各个风险因子打分，从 0 到 5，0 为风险最小，5 为最大。在各个风险因子评价完以后，进行累积总分计算。例如以表 4-11 为例，如果某一项目的风险评价总分为 72 分，一共有 17 项风险因子，风险最小为 0 分，风险最大为 17×5＝85 分，那么该项目的风险

系数为 72 / 85＝84%。风险系数越高，风险性越大，否则越小。根据风险系数的结果，机构的管理人员可以制定出相应的对策。

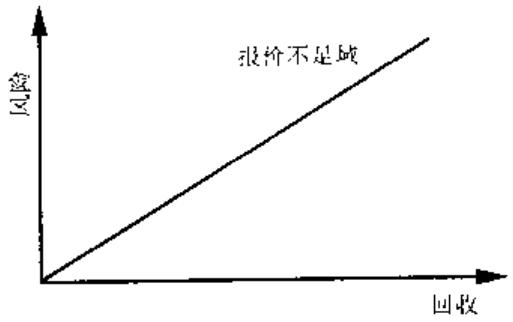


图 4-6　风险回收的评价关系表

表 4-11　项目风险因子评价实例

风险因子	最小				最大
	0	2	3	4	5
技术人员方面：					
• 主要人员的可获得性					
• 外部技术人员是否需要					
• 技术问题是否很清楚					
• 对未来项目的影响					
• 预算是紧还是松					
• 法律方面是否清楚					
用户方面：					
• 用户是否有类似方面的经验					
• 用户的经理是否技术层次很高					
• 经济状况如何					
• 信誉是否好					
• 是否有了切实可行的工作方法					
• 是否容易相处和进行价格商议					
• 是否愿意参与					
• 有清晰的项目要求和期望					
其他：					
• 现在市场的状况如何？					
• 后续的类似项目是否很好					
• 项目是否很特殊					
总分：对不同的分类段呆以制定相应的对策					

4.4.4　项目定价注意事项

项目定价时要考虑四个方面的因素：

（1）用户的预算如何

在西方国家，问价是一个很直截了当的事情，许多项目经理会直截了当地向客户了

解各年度的财政预算。大多数客户也不会对此很隐瞒，原因是对于政府机构来说，每年对每项任务的预算是公开的。任何人只要想知道是可以通过多种渠道调查出来的。从另一个方面来说，知道了对方的预算，也就不会漫天要价，因为能够提供类似服务的公司并不只此一家，为了维护与客户长期的良好的关系，人人都会尽可能做到公平合理。

（2）市场价格

作为一个公司的项目经理，应该清楚整个市场的状况，有多少公司可以提供这种服务，有多少机构需要这种服务以及提供的服务的特点，市场的供需情况及平均的价格如何，等等。

（3）内部费用等情况的掌握

一个机构在定价时不仅要对整个市场及用户有所了解，更应该对自己的内部情况了若指掌。所提供的服务的质量如何，主要的用户的类型，服务与别人不同之处是什么，人员的水平如何，专业能力如何等。

（4）合同种类的选择

不同合同的选择会直接影响到最终效益。表 4-12 对咨询服务使用的三种主要合同类型作了比较。固定费用的合同类型是指在合同的双方都同意的服务范围的条件下，所支付或收取的费用是固定的。实报实销类型的合同是按照小时来进行计算，这样提供的服务越多，收益也越大。但是这种合同类型的项目通常都不会很大。按小时但不超过一定金额类型的项目是前两种合同类型相结合形式。它既要求提供实报实销的服务，又要在固定的金额内完成双方共同同意的任务。

表 4-12　合同的种类及特点

比较的要素	固定费用 （固定的项目范围）	按小时计算的 （实报实销）	按小时但不超过 一定数额
冒险性	高	低	高
回馈率	高	低	低
范围	详细定义的	不详细定义的	详细定义的
管理要求	低	高	高
收费的费用	低	高	高
潜在的利润	高	低	低
对与客户关系的影响	正面多	可能会有负面	负面多
工作的辛苦程度	可高可低	高	高
小结	• 客户容易有清楚的期望。项目的范围是详细定义的。可能有很多的反馈 • 容易管理。	• 客户可能没有清楚的期望，可能会认为服务不够有效	

4.5　人事管理

一个好的项目管理人员不仅对项目的计划、进度安排上有掌控的能力，对参与项目各个任务的实施人员也能进行妥善的管理。对于人的管理，首先要求项目管理人员了解各

个执行人员的性格特性，从而了解其需求，找到调动其积极性的因素，并积极地满足其需求。这里介绍著名的马斯劳需求法则和性格测定法，然后介绍能够调动人员积极性的各种措施。

1）马斯劳需求法则

马斯劳需求法则将人的需求分为五种：

（1）物质性需求：是人生存的最基本需求，包括衣、食、住、行等。

（2）安全性需求：是人生存的基本需求的保障，是保障生存下去的基本条件。

（3）社会性需求：是人的团体性的需求，要求有社会的地位、社会的承认，成为社会的一部分。

（4）自我中心性需求：人在达到社会性要求以后，可能有在社会竞争中有成就感的要求。

（5）自我实现型需求：是人内心价值的追求和实现。

马斯劳需求法则认为人的这五种需求是有关系的。人只有满足了较低级的要求以后才会具备对更高一级有所需求的条件。即人只有在满足了物质性要求，衣食住行得到保障以后才会要求人身和社会的安全性。在安全性基本得到保障之后，可能进而对社会的参与有所要求。只有在参与了以后，可能才会对其社会的地位、荣誉和成就有进一步的要求。在这些都得到满足以后，有些人可能还会对内心世界有更高的追求。

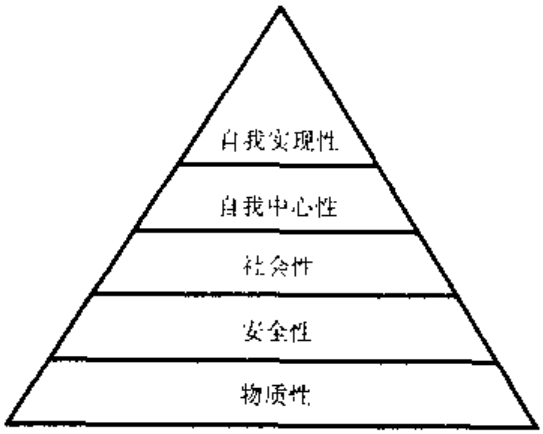


图 4-7　马斯劳需求法则

从人与工作有关系的需求来看，可以分成 8 个方面：①工资或奖金多少；②在机构内的职位和责任范围；③与各种人事的关系好坏；④工作的挑战性或轻松性；⑤个人的被承认性程度；③所拥有的自由；①享受各种待遇的程度，例如假期有多少，医疗保险如何等；③物质方面，例如办公室条件等。

项目管理人员若能够了解每个人的主要需求才能够有相应调动其积极性的办法。马斯劳法则在这方面提供了指导意义（见表 4-13）。

也有人将参加工作的人分为两种：一种是工作型的人，这种人靠工作来活着；另一种是事业型的人，这种人是为工作而活。对于这两类不同职员的管理，可以采取表 4-14 介绍的例子。

表 4-13　马斯劳需求法则的指导意义

人的层次	奖励与责罚	独立性	应采用的方式
自我实现型	个人价值和目标的实现	高独立性	需要了解其个人的目的、价值、认知需求和实现这些需求的障碍
自我中心式	尊敬，成就，自信心做事的能力，责任职权	依赖于别人给予物质和精神方面的奖励，尊重和承认	实在的，有知识和责任 1. 竞争性，从属性和依赖性的感觉 2. 喜欢控制 3. 现存的问题
社会型	是否被接受，热情程度，在乎程度，拒绝，冷漠，敌意	依赖于别人给予的物质奖励	
安全型	安全保护，被恫吓	安全感	
物质型	食物，休假和锻炼	物质要求	

表 4-14　工作型与事业型人的比较

工作型	事业型
工资	挑战性
待遇	责任范围
职称	专业方面的提高
办公室	个人开发与发展

2）性格测定法

项目管理人员如果能够了解项目执行人员的个性，对于整个项目的有效实施和完成将会起到积极的作用。

美国有两位心理学家对人的性格做了一个评定方法。这种方法主要是根据两个因素决定：负责程度和果断程度。测定的办法是像图 4-8 画出 X 和 Y 轴。X 轴为负责程度，从左到右，值域为 0 到 10。5 为原点的位置。Y 轴为果断程度，从下到上，值域为 0 到 10，5 为原点的位置。每个人在这个平面坐标中，对自己的负责程度和果断程度作自我评判。每人应该在这个平面上有一个点。将所有人的点位绘制在一个平面上以后便可以知道哪些人更适合在一起合作。

该性格测定法认为在这个平面系统中，两点之间的距离代表性格差异的大小。与其所在的象限并无很大的关系。两个人在平面上的点位的距离相差越远，则可能越不适合在一起工作。同时，根据 4 个象限，划分出四类性格的人。各类型的人具有不同的特性。下面列举了各类型人主要的特性：

驱动型：催促，喜欢作决定，认真，有要求，固执，彻底，爱主导，有效率，严厉苛刻。

表达型：喜操作，喜欢与人打交道，爱兴奋激动，有刺激别人的能力，没有章法，热情，反应快，喜欢变化，戏剧性，好宣传性，易后悔。

分析型：有批判性，勤奋，不做决定，坚持己见，有知识，认真，精确，有道德心，有条不紊。

和蔼型：顺从，支持型，退让，尊敬别人，适应性强，愿意，不老练，有依赖性，

附合型，受管制。

项目管理人员可以根据使命管理的项目人员进行性格测定，有效地将性格相投的人安排在一起，这样既可以生成一种和谐的工作环境，又可以保障项目的最有效完成。

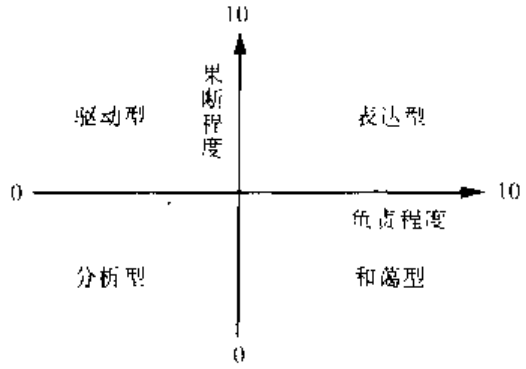


图 4-8　性格测定法

3）对于用户的管理

对于提供咨询服务的机构来说，妥善地处理与用户的关系是能够将业务持续下去的主要因素之一。在对用户进行管理的时候，双方应该保持着一种平等的关系，用户可以对项目有所期望，提供咨询服务的一方也应当有所期望，而不只是做出反应。咨询者应留给用户的另一个印象是要有责任感，将客户的任务作为自己的任务，说到做到，严格按照合同或协议进行。

这里介绍其他的几个常用的技巧来帮助项目管理人员妥善处理与用户的关系：

（1）遇到问题时，应给用户提供解决办法，至少提供 3 个，这样一来显示你对问题作了深入的思考和调查，二来也可以帮助你认识客户的要求。

（2）假若你的年龄比客户小，或你为女性而对方为男性，应当了解客户会有的心理障碍，这一点要妥善处理。

（3）一旦与客户的协议制定以后，一定要遵守协议，做到不失信。如果确实有问题的话，需要与客户及早地商量解决。

（4）在自己没有充分准备时，不要与客户交谈。

（5）假若与客户在电话上交谈，要做笔记。电话后起草一个有关的备忘录，一式两份地送给对方一份。

（6）与用户最好有规律地进行汇报，例如每周一次或每月一次等。

（7）当你需要客户某些建议时，一来要坚持让对方答复，二来要保证与协议合同一致。

（8）客户有困难或项目有问题时，快速给予答复，但又不可草率。

（9）将文件按时间顺序排列，做到任何决定都有案可查。

4）生产能力的管理

生产能力是指单位时间内所完成的生产量。生产能力的提高被预测为今后 10 年里企业将面临的主要挑战。随着技术的不断发展，大工业化程度不断提高，技术优先的策略已经不会总能保持一个机构立于不败之地。而生产效率的提高将成为企业尤其是服务性企业保持优先的关键因素。

对于 GIS 项目管理者而言，应当掌握一定提高生产力的技巧，这里对常用的方法作一个介绍：

（1）工作的内容

• 保证分配适合与适当的任务给雇员。作为一个项目管理人员，要了解各个技术人员的技术和个人性格的优劣之处。并且根据其特点分配工作。组织各项任务的技术队伍。

• 给出相对较多的工作量。这样使得工作人员总是能有足够的工作做。有经验的项目经理通常会给工作人员同时安排至少两个任务，同时明确说明哪一个更有优先权。这样既保证了较为重要的任务能够首先完成，又使得工作人员能够充分地使用时间。而且使项目管理人员对各项任务的管理有更充分的时间来安排。

（2）工作的安排

• 根据项目或任务的长短，每季度、月或周对整个的任务有个安排，而且与有关的技术人员进行发展状况的交流。

（3）交流

• 与项目的技术人员、用户等有关人员分享有关信息、文件等。交流是一个项目成功与否的一个重要因素之一。有关项目的书面材料应当放在一个既安全又可以使其他有关人员接触得到的地方。

• 让技术人员明白项目的要求、质量和预定的工时：这样做的好处是技术人员在执行任务过程中便可以对项目的进度，质量和其所花费的时间进行注意。从而减少整个项目出问题的可能。

（4）项目背景和发展要求的回顾

• 给有关的技术人员很好的项目介绍：无论项目的大小，在项目开始以前，与项目的技术人员坐下来，回顾项目的有关历史背景，参与的团体，项目的进度安排，项目的质量要求，项目可能出现的问题，项目的关键任务，各个技术人员的关系和责任范围等等，都是很有必要的。使他们在项目进行的过程当中有足够的背景知识来帮助他们准确处理可能遇到的困难。

• 提供相应的文件：有关项目的文件也应当与有关的技术人员进行分享。

（5）层次

• 人员的层次越高，效率越高，项目的成败实际上主要在于使用的人。如果某一个项目能够在关键的过程中使用高层次的技术和管理人员，几乎可以毫无疑问地说该项目肯定能够顺利地完成。这也就是为什么很多机构不遗余力地雇佣优秀人才的原因。

（6）自动化 / 新方法

在任何一个项目的进行过程中，管理者，尤其是技术管理人员都应当时时考虑目前的技术方法是否有自动化或优化的可能。这个问题应当从作计划时开始提出，一直到整个项目的完成。注重技术革新，不断提高生产效率。

（7）时间的使用

• 使用“需要完成的事备忘录”：这是一个很有效的方法。根据有关的统计，建议每天的备忘录上不要超过 6 件事情。如果每天能够将必须做又急需做的事情做好，整个项目的顺利完成将大有保障。

• 使用分段方法：时间的分段使用方法是指将每天的时间分成几个阶段来使用。不

同的阶段处理不同的事情。这种方法对于业务繁忙的项目管理人员很有效。既可以保证每天都能够处理各类事物，又可以在处理的过程中集中精力地处理。例如对于一个技术管理人员来说，其一天的时间分段可以是：8～9 点做项目的进度回顾，9～11 点对出现的各类技术问题进行处理。11～12 点会议时间，1～3 点可以用来处理外来的电话、信函、电子函件等，3～5 点与有关的技术人员进行项目有关的交流。

（8）会议

繁多会议常常是许多机构的通病。而无效率的会议也是一件很头疼的事情。而参加会议的人员又大多数情况都是较高层次的人员。因此会议的繁多、议而不决就等于是浪费资金。但是会议又常常是必要的。通常的原则是只有在需要进行双向交流时才开会。尽量减少开会的可能，如果必须的话，则尽量减少参加的人员，越多越容易走题。会议时间可以定在午饭前，或下班前，这样使得会议不得不到时停止。另外，定在一个更具体的时间点上，例如 11:10，而不是 11:00。因为调查经验表明，更具体的时间可以使参与者更能准时到会。使会议更加围绕主题的一个办法就是做书面的议程安排，各项讨论的议题都有时间的安排。将会议的费用放入议程也可以使参会人有压力感，而尽量提高开会的效率。对于较短的会议，可以采用站着开会的方法来保证会议不会无休止地开下去。会议的组织者要在会议的全始至终都保持着控制局面的地位。

（9）电话的使用

• 在某段时间不接电话：可以定下在每天的某一段时间内不接电话，专门处理业务。可以让客户留言。当考虑好对策时再给对方回执。

（10）使用电子邮件

• 电子邮件是一种既快又好的方法，并且因为它是以书面的方式进行，所以就更有优越性，在任何情况下都不失为一种好方法。

5）保证关键人员的参与

任何一个项目的顺利完成，取决于项目的技术和管理人员的实力。项目的管理人员应当竭尽全力地保证项目关键人员积极主动的参与。实现这一点的主要方法有：

• 选定各任务的负责人员（组长）；
• 在写计划书时就要求他们参与；
• 在项目申请批准时，就要明确他们的任务和他们参与的保证；
• 采用各种手段，使得他们愿意与你一起工作；
• 时常对人员的出席能力进行预测；
• 在任务下来以前就与他们打好招呼；
• 保持与项目工作人员开放式的交流。

4.6 质量与合同责任的管理

一个项目的质量好坏就是是否能够达到客户的期望。对于一个项目来说，项目的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、公司或机构自己认定的质量、合同定义的质量等。质量是否能够合格可以用下列的图 4-9 表示。从图中可以看出，通常的质量标准是以被服务的一方为准则的。假若产品或服务的质量超出客户所

期望的质量标准，那么该产品或服务则被认定是高质量的，否则是低质量的。

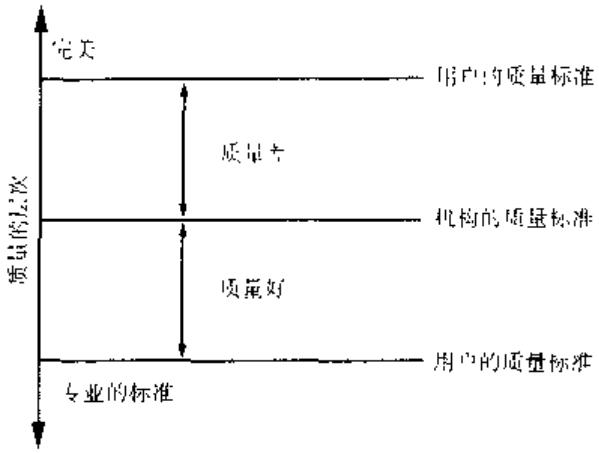


图 4-9　质量检测和控制的关系

因此对服务一方来说，应当尽量多地了解服务对象的质量标准。若有必要，在服务协议中，可以专门将有关的质量标准内容加以说明，以使项目的双方对项目的产品或服务质量有一个共识。而对于被服务的一方，首先要明确了解自己对质量的要求程度，同时，也要了解对于同类的产品或服务、目前的工业标准或市场标准以及技术可以达到的标准等。

4.6.1　质量检测与质量确定

质量检测是一个过程，是指一个公司 / 机构对所生产的产品或所提供的服务的测试的过程。通常一个机构或企业有其通用的质量标准，这个过程便是用其通用标准和过程来测试，这个测试的过程应该是项目的一部分。质量检测的方法很多，常用的方法主要是抽样统计法。对于 GIS 项目，质量检测的方法则常常需要根据每一个数据处理的过程和内容进行质量检测，对于提供产品或服务机构来说，通常有必要在进行项目计划时，制定出质量检测的全过程，然后在生产或处理过程中按照计划进行。同时对于经常提供的业务，应当建立机构内部的质量控制标准，然后根据这一标准建立自动化的质量检测和控制的工具和程序。这一过程的建立对于提高机构的服务质量和加快生产进程都将起到促进作用。

质量确定则是从被服务的一方的角度而言，是以用户的质量标准和过程来对产品或服务的质量加以评价，该部分在不同的项目均有所不同。

4.6.2　专业责任

专业责任是对提供咨询的一方而言的。提供服务的一方为了提供优质的服务，必须要具备一些基本的条件，这种条件叫做专业责任的基本条件。专业责任的基本条件主要有：①对于提供的服务，有能力满足客户的要求；②具有专业的知识和实践水平；③有专业的营业执照。除此以外，提供咨询的一方还要提供必要的保险和法律文件来保护对方及本方的利益，主要包括：

（1）保证书 / 担保书，保证产品或服务在完成以后能够正常地使用或运转。

（2）严格的责任范围保险。在提供服务的一方倒闭以后，提供保险的机构给被服务

一方进行补偿。

（3）职业的责任保险。保证提供服务的一方能够提供专业化服务水平的文件。例如在美国一个摄影测量公司必须要保证至少有一名公司职员有专业的摄影测量工程师的执照才允许该公司开业。

（4）合同的责任范围保险。根据合同所规定的双方责任范围而进行的保险，通常要求这些保险要有法律能力。

对于合同双方来说，及早地发现可能出现的变数会防止事情向更坏的方向发展。例如注意是否对方对项目或提供服务的一方的态度有变化，对方是否有大的人事变化或其他有可能引起变化的征兆等。要做到这一点，要求项目的管理人员能够：①了解各不同时期可能出现的问题；②了解自己提供的服务和产品质量；③在文字文件方面应该特别小心；④应该有必要的法律知识，有必要的话应该上些有关的课程，变数一旦发生，应当采取积极的措施和行动，例如找寻帮助、明白什么地方可以寻求到帮助，尤其是要积极寻求法律方面的保护。

4.6.3 项目管理的质量评价

不同的项目管理人员对一个项目管理得好坏程度不同。在一个项目结束的时候，项目的执行和其他参与人员应当有权利对管理人员的管理水平进行评价。这不仅能够使有关的各类人员对项目的管理内容和范围有一定的了解，也可以帮助项目管理人员在将来项目管理过程中扬长避短，不断提高。

美国建筑师协会曾经公开出版过项目管理的评价标准，主要从以下 5 个方面来评价：①范围和质量的评价；②进度安排的评价；③预算评价；④项目人员组阁的评价；⑤一般管理的评价。下面将其内容详细列出，供读者参考。

（1）范围和质量的评价

- 客户所有的要求是否均得到满足？哪些没得到满足？为什么？
- 项目的质量与原计划相比是否有所下降？为什么？

（2）进度安排

- 进度安排是否按计划执行？若不是，因为什么？
- 原计划的进度安排是否合理？为什么？
- 原计划是否在项目执行过程中有所变化？如何变化？什么原因？
- 进度是否在掌控之中？假若不是，哪些方面失控？为什么？
- 项目工作人员是否能够适应速度的变化
- 将来类似的项目是否应该采用同样的安排方式？假若不，哪些方面应该变化？

（3）预算评价

- 是否符合内部的预算？
- 项目的花费是否在掌握之中？
- 项目的最终结算是否与原计划的预算做了比较？有什么不同？
- 以后类似的项目是否应该以同样的方法进行预算？
- 给客户的账单是否按期付款？
- 该项目是否是高赢利项目？

（4）项目人员的评价

- 与客户是否关系有问题？为什么会引起问题？
- 人员选择是否合理？
- 工作人员之间的关系是否融洽？
- 项目人员是否充足？
- 项目人员之间是否有过冲突？

（5）一般的管理方面

- 在准备工作计划时有什么困难？
- 项目执行过程中是否有交流方面的问题？
- 管理层在做决策时是否有效？
- 项目的监督管理系统是否健全？

4.7 项目财务管理

了解企业的财务状况对于项目管理人员来说可以帮助管理人员了解项目的预算状况，更好地对项目进度和预算进行管理。本节简要介绍一些与项目管理有关的财务基本知识。

4.7.1 企业如何分配利润

企业分配利润通常有以下几种方式：

（1）发红利给股东。

（2）资本投资：包括技术投资、人才投资、设备投资等等。

（3）工作人员分红。

（4）退休计划投入：可以为企业的职工提供更好的退休计划。

（5）公司的发展：开辟新的业务等。

4.7.2 实际投资的测定

企业实际投资的测定有几个参数来决定：

（1）平均每天的收入（A．D．E）＝年营业额／365

（2）可收回资金的天数＝可收回资金／A．D．E

（3）实施过程中所期望收回的资金的天数＝实施过程中所期望收回的资金／A．D．E

通常（2）和（3）项之和为 90 天。

利润率和价格的关系：

利润＝数量×分息

数量：营业额的数量，单位为元；

分息：每元营业额中净赢的分数。

根据上面的公式，可以看出，如何调整这三者之间的关系，是仁者见仁的。假若提高价格，分息提高，数量降低，利润不变。在市场学中，有一个著名的 5 个 P 原则，被称为开发市场的混合原则。之所以叫 P 是因为该 5 个要素的英文名称均以 P 字母打头，这 5 个因素分别是：

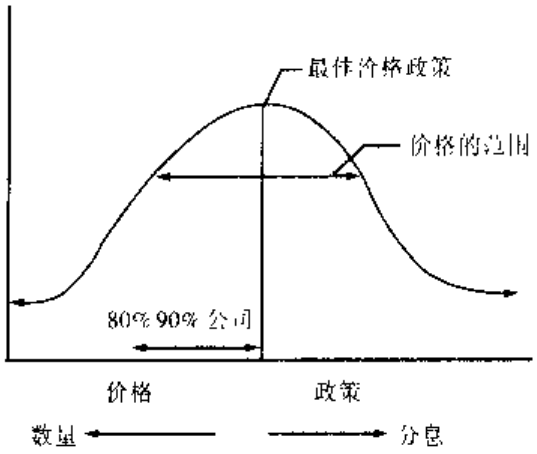


图 4-10　价格政策关系示意图

（1）产品 / 服务（Product / Service）：产品和服务是否在目前有市场。

（2）价格（Price）：产品或服务的定价是否合理。

（3）包装（Package）：产品或服务的包装是否吸引人；对于服务性的咨询业务，这种包装可以包括公司的门面、设备、服务的人员等。

（4）地点（Place）：提供的产品和服务是否是在合适的地点等。对于咨询业来说，很多企业在不同地方开设分部，就是使用的这个原则。

（5）宣传（Promotion）：进行产品或服务的宣传工作，例如做广告等。

市场开发的混合原则要求企业在开发市场时，要综合考虑这五个因素，缺一不可，相辅相成。

4.8　项目执行的监督与管理

项目的各个阶段中，通常执行的阶段是最长的。这一阶段的监督和管理是保证项目是否能够按照计划完成的关键，也是项目管理人员的主要任务之一。本节对项目执行监督和管理内容、过程和方法加以介绍。

4.8.1　项目执行的监督和管理内容

项目执行过程中，需要监督和管理的部分主要是项目的进度和预算是否按计划执行。这种监督和管理的过程主要是依靠有关的信息来进行的，包括各任务的完成百分比和所花费的时间，然后根据分析的结果制定相应的策略，并采取相应的措施。

项目执行的监督和管理的方法有很多种。我们在这里主要介绍常用的进度与预算综合方法，其主要过程可以分为下面的五个步骤：

1）准备花费预测报告

该步骤是根据项目最初的计划书的预算表，将整个项目按照各个任务将预算的花费以表格形式表示出来。表 4-15 是一个样本，它包括任务的编码、预算的总费用、实际总费用，并将各项任务的花费按月份表示出来。在表格的最后，计算出各项的累积值。然后，为了到达一目了然的效果，通常将该表的内容用项目开销曲线图表示出来。图 4-11 是一

个项目开销曲线图的样本。它使用表 4-15 中的累积费用一栏来表示。

表 4-15　样本花费预测报告

任务	预算	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	3500	1168	1166	1166							
B1	2920		1460	1460							
B2	2960			1460	1500						
B3	7650			1530	1530	1530	1530	1530			
B4	9700				4850	4850					
C1	7500				3750	3750					
C2	8690	100		2000	2000	3690					
C3	9900	900				5000	4000				
D1	6500							6500			
D2	7640					1000		2000	4600		
E	8800						800	2000	4000	2000	
F1	3400									1200	2200
F2	980										980
G1	7800	780	780	780	780	780	780	780	780	780	780
月总费用		3848	3406	8396	14410	20600	7100	12810	9380	3980	3760
累计费用	87940	3848	7254	15650	30660	50660	57770	70580	79960	83940	87940

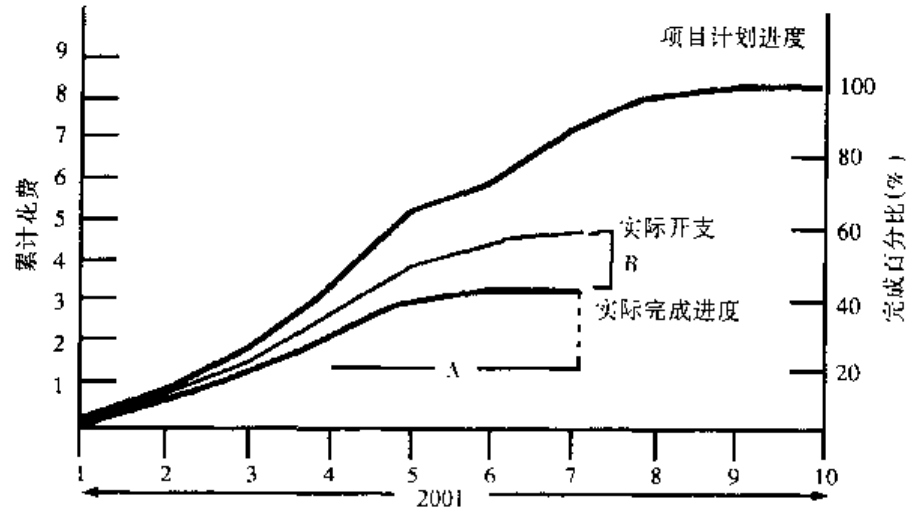


图 4-11　项目进度和开销状态追踪图

2）进度估测

进度估测的目的是根据各项任务的预算及其到目前完成情况的百分比来计算出项目各任务应该的花费，其表达方式见表 4-16 所示。该表每月做一份，则整个项目各月的进度和实际开销便可以在项目进度和开销状态追踪图上表示出来（见图 4-12），其中黑线表示实际进度情况，浅灰线表示实际的开销。

表 4-16　样本进度估测

任务编码	预算	完成百分比估计（%）	实际花费
A	3500	60	2100
B1	2920	100	2920
B2	2960	100	2960
B3	7650	100	7650
B4	9700	20	1940
C1	7500	30	2250
C2	8690	10	869
C3	9900	0	0
D1	6500	0	0
D2	7640	0	0
E	8800	30	2640
F1	3400	0	0
F2	980	0	0
G1	7800	15	1170
总计	879400		24499

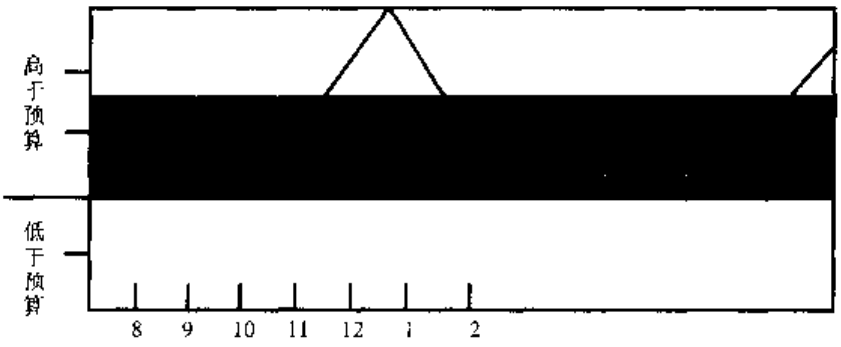


图 4-12　项目进度状况趋势分析示意

3）计算整个项目实际进度

从表 4-16 中，我们可以看到项目的总预算是 $87940，而到目前为止，实际花费 $24499。根据项目进度%＝实际的总花费 / 项目总预算，我们可计算出项目目前的进度情况。在该例中，

项目进度（%）＝ 24499 / 87940＝27.85%

即根据实际项目完成和预算的情况得出，项目到目前为止完成了 27.85%。

4）分析实际进度和花费

根据表 4-15 和表 4-16，我们可以制出项目进度和开销状态追踪图（图 4-11）。该图的横轴为时间，纵轴有两个，一个是开销，一个是完成百分比。在这个坐标系统中，可以做出三条曲线，一条是根据表 4-12 中的预算一样绘制整个项目的计划进度；第二条是各月的项目进度百分比，绘制各月的项目完成状况曲线；第三条是根据各月的实际累积开销绘制整个项目实际累积花费曲线。

根据图 4-11 的项目进度和开销状态追踪图，我们可以得出下面结论：

（1）到 1997 年 7 月份，该项目从进度是落后 3 个月（图中 A 表示出的部分），因为根据计划，该项目目前完成的任务应当在 4 月份就完成。

（2）从开销上考虑，该项目到目前为止已经超支约 1．5 万元（图中 B 表示出的部分）。

在对项目进度和开销状态追踪图进行了分析和总结以后，项目管理者应当根据分析的结果来找出问题的原因。例如是否进度的估计不够准确，是否所有的开支都已经上报，是否项目的主要技术人员不能够及时转到该项目上来，是否项目的设计过程过长等等。在找到问题的原因以后，项目的管理者还要施展其组织和管理能力来使整个项目赶上来。

5）项目进度总结报告

项目进度总结报告可以表达如下：

从表 4-17 中可以看出，项目的管理人员应当对两个时间段引起注意，一个是 1997 年 2 月份，项目从 0.3 个月的落后到 0.8 个月的落后，支出却超出了 4000 元。这可能是因为该月突然增加了人手，而新加的人手可能在培训或熟悉阶段，所以使得整个项目超支而没有很大的进展。第二个值得引起注意的是 1997 年 6 月，项目突然加速超支，可能是因为提高服务的咨询公司已经完成了任务，而该表没有考虑进去。也可能是项目处于设计阶段，本来这个阶段应当结束，但是因为某种原因还在进行。这时，则要求项目的管理人员根据情况尽快结束设计阶段，开始下一个阶段的实施。

表 4-17　项目进度总结报告

项目时段	进度完成百分比	进度状况	预算状况
1997 年 1 月	3.3%	0.3 月落后	2 000 低支出
1997 年 2 月	6.7%	0.8 月落后	2 000 超支
1997 年 3 月	9.4%	1.1 月落后	4 000 超支
1997 年 4 月	11.9%	1.7 月落后	4 000 超支
1997 年 5 月	15.8%	2.0 月落后	3 500 超支
1997 年 6 月	18.5%	2.5 月落后	12 000 超支
1997 年 7 月	—	—	—

从项目进度总结报告表中，整个项目的进度完成状况，提前或推迟完成的具体长短，和预算上的超支与否等，都可以一目了然。而且可以帮助项目管理人员分析目前的状况，找到问题发生的原因，从而制定相应的对策。

4.8.2　解除麻烦的办法

一个项目在整个实施过程中，通常都会出现这样或那样的问题，这要求项目管理人员及时地查明情况，作出反应。项目管理的过程实际上也就是一个处理和解决问题的过程。下面列出了在下面管理过程中常出现的问题和可能的解决办法。

1）进度落后时

- 增加人员：临时工、合同工；
- 增加工时；
- 再次检核项目的合同，是否多做；

• 重新考虑现有的工作人员的分配是否合理；
• 将重点放在关键任务上；
• 压缩设计时间，增加执行时间；
• 用过去项目的技术和方法，假若有标准化更好；
• 简化某些具体的步骤；
• 有时需要减少人员来加速完成，减少交流上的时间；
• 最后一招：向客户要求延长截止日期。

2）超支时

• 简化步骤，但要保证质量；
• 使用较便宜的劳动力；
• 重审项目的范围；
• 压缩各项目的预算上时；
• 找合同上；
• 检查财务报表，是否有误；
• 最后一招：要更多的钱。

3）如何处理危机

（1）当听到问题时，先停下 5 分钟，去倒一杯茶，然后重新听取汇报，确实是出现了问题。

（2）定义问题：了解问题出现的过程和出现前的征兆等，搞清楚出问题的原因和关键步骤。

（3）找出所有可能的答案（解决的方法）

——把有关的技术人员召集起来；

——群策群力地找出解决问题的可能途径，任何可能的方案；

——不要相互埋怨，那样干事无补；

——让大家发挥想象力，创造力。

（4）尤其是引起问题的人，要调动积极性，常常是解铃还是系铃人。

（5）找出最好的办法：评价各种答案的优劣，找出最佳方案。

（6）上报上级，建议采取积极行动来解决问题。

（7）评价行动的结果，并分析导致问题的原因，从部门的组织和技术角度来考虑根本解决的办法。

4）争取额外资金的办法

（1）早做计划；

• 尽可能早地计划可能出现的额外开销；
• 在要钱时尽可能往高里要；
• 要明确了解到他们对你工作的满意程度。

（2）尽早地通知客户可能会有变化，让他们能有精神准备。

（3）留有好的书面记录作为论据：日期、内容、目的、工时、结果等。

（4）原则：在没有与客户达成任何可能的协议以前，不要做任何额外的工作。

（6）若不清楚客户是否明确同意时，直截了当地问出来。

4.9 项目收尾工作及其管理

一个项目的收尾工作是项目管理人员容易忽略的部分，通常会将主要精力放在项目的设计和最初的实施阶段，在收尾时有些人员已经完成了该项目的职责部分，开始了另一个项目的实施；执行的技术人员也开始怠慢轻松了，因此反而要求项目管理人员付出更多的精力和时间来将整个项目画上一个完整的句号。

4.9.1 GIS 项目收尾工作和管理的几个事实

项目收尾工作的一些事实和经验是项目的技术和管理人员有必要了解的：

（1）几乎没有一个项目是 100%彻底完成的，任何一个项目都会或多或少地留下某些未完成的细节。

（2）项目收尾时会发现有很多的细节需要修改。有时也可能是可改可不改的，很多人都会有这样的经历，当成品快出来时，以前累积的各种小问题可能会变成大问题，而一旦改起来，会影响整个项目。

（3）在这个阶段不要再做更多的提高，想办法尽快结束，交付使用。

（4）与头 10%相比，尾 10%是需要花很多的时间。

（5）未到做变化时，千万不可做任何改动。

（6）尽快将最后的书面材料写完。

4.9.2 客户满意程度

当项目完成和交付使用时，也是双方都是最满意时，这时候送账单最好。项目管理者应当在这时与用户保持联系，保持好的关系，因为这个项目结束之时，可能就是下一个项目的开始计划之时。用户在这个时候对你的满意程度也是最好，很可能将下一个项目直接交给你做，而不是通过正常的招标形式。这是最为理想的结果。项目结束后的一个较短时期称为无干扰期。这个时期是项目管理人员发动下一个项目攻势的最佳时期。过了这个时期，其他竞争对手的势力就会不断进入，从而使得你可能越来越失去主动和优势。

第五章　GIS 分析与设计新动态

5.1　组件技术与 GIS 的发展

5.1.1　组件技术的兴起

目前，在软件开发领域，一场新的革命正在悄悄兴起，这是由日趋成熟的组件技术引发的。几年以前，当微软公司首先使用 OLE 的时候，其初衷是为了增强软件的互操作性。然而在使用过程中，人们逐渐认识到这一技术背后的实质性内容和它在软件开发中所扮演的重要角色。组件技术将以前所未有的方式提高软件产业的生产效率，这一点已逐步成为软件开发人员的共识。传统的 Client/Server 结构、群件、中间件等大型软件系统的构成形式，都将在组件的基础上重新构造。

组件技术使近 20 年来兴起的面向对象技术进入到成熟的实用化阶段。在组件技术的概念模式下，软件系统可以被视为相互协同工作的对象集合，其中每个对象都会提供特定的服务，发出特定的消息，并且以标准形式公布出来，以便其他对象了解和调用。组件间的接口通过一种与平台无关的语言 IDL（InterfaceDefineLanguage）来定义，而且是二进制兼容的，使用者可以直接调用执行模块来获得对象提供的服务。早期的类库，提供的是原代码级的重用，只适用于比较小规模的开发形式；而组件则封装得更加彻底，更易于使用，并且不限于C＋＋之类的语言，可以在各种开发语言和开发环境中使用。

由于组件技术的出现，软件产业的形式也将会有所改变。大量组件生产商会涌现出来，并推出各具特色的组件产品；软件集成商则利用适当的组件快速生产出用户需要的某些应用系统；大而全的通用产品将逐步减少；很多相对较为专业，但用途广泛的软件，如 GIS、语音识别系统等，都将以组件的形式组装和扩散到一般的软件产品中。

5.1.2　GIS 的组件化趋势

GIS(GIS)技术正处于一个重要的发展时期，新概念和新产品层出不穷。在 GIS 蓬勃发展的今天，GIS 的组件化趋势日益明显，已经成为 GIS 的重要发展方向之一。从发展历程看，GIS 可以划分为几个发展阶段，了解这一历程可以更好地认识 GIS 组件化的趋势。

在 GIS 发展的早期阶段，由于受到技术的限制，GIS 软件往往是只能满足于某些功能要求一些模块，没有形成完整的系统，而各个模块之间不具备协同工作的能力。

随着理论和技术的发展，各种 GIS 模块走向集成，逐步形成大型 GIS 软件包(GIS Package)，我们暂称之为集成式 GIS(Integrated GIS)，如 ESRI 的 Arc/Info、Genasys 的 GenaMap 等均为集成式 GIS 的代表。集成式 GIS 是 GIS 发展的一个重要里程碑，其优点

在于其集成了 GIS 各项功能，形成独立完整的系统；缺点在于系统复杂、庞大，从而导致成本高、难于与其它应用或系统集成等问题。

另一类 GIS 为随后出现的模块化 GIS(Modular GIS)，代表软件有 Intergraph 的 MGE 等。模块化 GIS 的基本思想是把 GIS 按照功能划分为一系列模块，运行于统一的基础环境之上(如 MicroStation)。尽管许多集成式 GIS 软件也可以划分为几个模块，但模块化 GIS 软件的模块被有目的地划分得更细。模块化 GIS 具有较大的工程针对性，便于开发和应用，用户可以根据需求选择所需模块。但无论是集成式 GIS 或是模块化 GIS，都很难与管理信息系统(MIS)以及专业应用模型集成高效、无缝的 GIS 应用。

为解决集成式 GIS 与模块化 GIS 的缺点，提出了核心式 GIS(Core GIS)的概念。核心式 GIS 被设计为操作系统的基本扩展。Windows 系列操作系统上的核心式 GIS 提供了一系列动态连接库(DLL)，开发 GIS 应用系统时可以采用现有的高级编程语言，通过应用程序接口(API)访问内核所提供的 GIS 功能。除了一些基本的动态连接库以外，实现各种功能的动态连接库可以被拆卸和重组，它提供了动态连接库一级的更底层的组件化方式，给用户提供更大的灵活性。对数据库管理要求较多的用户甚至可以选择 MIS 开发工具来构造 GIS 应用，为 GIS 与 MIS 的无缝集成提供了全新的解决思路。但是，由于核心式 GIS 提供的组件过于底层，给应用开发者带来一定难度，也不适应可视化程序设计的潮流。

随着计算机软件技术的发展，GIS 组件化发展到了一个全新的阶段，出现了组件式 GIS(Components GIS，缩写为 ComGIS)。组件式 GIS 基于标准的组件式平台，各个组件之间不仅可以进行自由、灵活的重组，而且具有可视化的界面和使用方便的标准接口。组件式平台主要有 Microsoft 的 COM(Component Object Model，组件对象模型)/DCOM(Distributed Component Object Model，分布式组件对象模型)和 OMG 的 CORBA(Common Object Request Broker Architecture，公共对象请求代理体系结构)，目前 Microsoft 的 COM/DCOM 占市场领导地位。基于 COM/DCOM，Microsoft 推出了 ActiveX 技术，ActiveX 控件是当今可视化程序设计中应用最为广泛的标准组件。新一代的组件式 GIS 也大都是 ActiveX 控件或者其前身 OLE 控件。组件式 GIS 代表着当今 GIS 发展的潮流。本文的讨论以基于 COM/ActiveX 规范的组件式 GIS 为例。

国际上大多数 GIS 软件公司把开发组件式软件作为重要的发展战略。Intergraph 公司声称已经进入组件式 GIS 的时代，它推出的 GeoMedia 组件式 GIS 软件是其庞大的 Jupiter 计划中的一部分。ESRI 和 MapInfo 也分别推出了 MapObjects 和 MapX。我们也正在研制国产的组件式 GIS 软件—ActiveMap (其升级版本现更名为 SuperMap)，已经在“香港综合 GIS”、“南宁市土地信息系统”、“香港之窗”等系统中成功应用并得到实践检验。

几乎在开发组件式 GIS 的同时，出现了万维网 GIS(WebGIS)。万维网 GIS 是 Internet 技术与 GIS 相结合的产物。GIS 通过 WWW 功能得以扩展，真正成为一种大众使用的工具。从 WWW 的任意一个节点，Internet 用户可以浏览万维网 GIS 站点中的空间数据、制作专题图，以及进行各种空间检索和空间分析，从而使 GIS 进入千家万户。已有一些公司推出了万维网 GIS 产品，比如：MapInfo 公司的 MapInfo ProServer 和 MapXtreme、Intergraph 公司的 GeoMedia Web Map、ESRI 的 Internet Map Server(IMS) for ArcView & MapObjects、Autodesk 的 MapGuide 以及 Bently 的 ModelServer/Discovery 等等。目前万维网 GIS 还处于不成熟的初级阶段，已经推出的万维网 GIS 产品大多是利用现有 GIS 软

件通过 CGI 或者 Server API 构造的过渡型产品。随着组件式 GIS 的发展和分布式对象 Web(Distributed Object Web)技术的逐渐成熟，未来的万维网 GIS 将是基于 COM/ActiveX 或 COBRA/Java 开发的分布式对象万维网 GIS。从基础软件的角度来看，组件式 GIS 和万维网 GIS 之间的界限将会变得模糊不清，而只是应用方式上的区别。

从 GIS 模块发到集成式 GIS 是从分散到集中的过程，这是 GIS 发展历程中的一个重大进步。从集成式 GIS 发展到模块化 GIS，这是 GIS 组件化的开始，随后发展到核心式 GIS，GIS 组件化趋势越来越明显，并形成组件化的标准形式—组件式 GIS 和 WebGIS。

5.1.3 ComGIS 的概念

GIS 技术的发展，在软件模式上经历了功能模块、包式软件、核心式软件，从而发展到 ComGIS 和 WebGIS 的过程。传统 GIS 虽然在功能上已经比较成熟，但是由于这些系统多是基于十多年前的软件技术开发的，属于独立封闭的系统。同时，GIS 软件变得日益庞大，用户难以掌握，费用昂贵，阻碍了 GIS 的普及和应用。ComGIS 的出现为传统 GIS 面临的多种问题提供了全新的解决思路。

组件式软件是新一代 GIS 的重要基础，ComGIS 是面向对象技术和组件式软件在 GIS 软件开发中的应用。认识 ComGIS，首先需要了解所依赖的技术基础--组件式对象模型和 ActiveX 控件。

COM 是组件式对象模型(Component Object Model)的英文缩写，是 OLE(Object Linking & Embedding)和 ActiveX 共同的基础。COM 不是一种面向对象的语言，而是一种二进制标准。COM 所建立的是一个软件模块与另一个软件模块之间的链接，当这种链接建立之后，模块之间就可以通过称之为“接口”的机制来进行通信。COM 标准增加了保障系统和组件完整的安全机制，扩展到分布式环境。这种基于分布式环境下的 COM 被称作 DCOM(Distribute COM)。DCOM 实现了 COM 对象与远程计算机上的另一个对象之间直接进行交互。

ActiveX 是一套基于 COM 的可以使软件组件在网络环境中进行互操作而不管该组件是用何种语言创建的技术。作为 ActiveX 技术的重要内容，ActiveX 控件是一种可编程、可重用的基于 COM 的对象。ActiveX 控件通过属性、事件、方法等接口与应用程序进行交互。

一些软件公司专门生产各种用途的 ActiveX 控件，比如：数据库访问、数据监视、数据显示、图形显示、图像处理，甚至三维动画等等。几个著名的 GIS 软件公司把 COM 技术应用于 GIS 开发，纷纷推出由一系列 ActiveX 控件组成的 ComGIS 软件，比如 Intergraph 公司的 GeoMedia、ESRI 的 MapObjects、MapInfo 公司的 MapX 等，国内的北京朝夕公司推出了 MapEngine，我们也研制了自己的组件式 GIS 软件——ActiveMap，并在几个大型 GIS 应用项目中成功应用。

ComGIS 的基本思想是把 GIS 的各大功能模块划分为几个控件，每个控件完成不同的功能。各个 GIS 控件之间，以及 GIS 控件与其它非 GIS 控件之间，可以方便地通过可视化的软件开发工具集成起来，形成最终的 GIS 应用。控件如同一堆各式各样的积木，他们分别实现不同的功能(包括 GIS 和非 GIS 功能)，根据需要把实现各种功能的“积木”搭建起来，就构成应用系统。

5.1.4 组件技术给 GIS 带来全新的开发方式

（1）传统的 GIS 二次开发平台面临挑战

传统 GIS 开发平台均采用专门设计的开发语言，例如，Arc/Info 采用 AML，加上庞大的函数、命令库，使得普通的开发技术人员难以掌握，延长了应用产品的开发周期。

传统 GIS 系统中的空间数据管理和数据库管理系统通常均直接由 GIS 厂商提供，这也是传统 GIS 软件价格昂贵的一个重要原因。这种情况一方面大大提高了应用开发与系统建设的成本，另一方面也限制了用户根据应用需要和各种数据库工具的优劣，选择利用数据库工具的机会。

传统 GIS 系统与 MIS 系统和多媒体开发工具的衔接都不甚方便，其数据交换通过 DDE 等间接方式实现，影响了 MIS 系统对空间地理信息的利用。

综上所述，传统 GIS 开发工具由于其不灵活的开发方式及昂贵的价格，在相当大的程度上限制了 GIS 应用领域的发展。

（2）组件式 GIS 系统的特点

——把 GIS 的功能适当抽象，以组件形式供开发者使用，将会带来许多传统 GIS 工具无法比拟的优点。

①小巧灵活、价格便宜

在组件模型下，各组件都集中地实现与自己最紧密相关的系统功能。组件化的 GIS 平台集中提供空间数据管理能力，并且能以灵活的方式与数据库系统连接。在保证功能的前提下，系统表现得小巧灵活，而其价格仅是传统 GIS 开发工具的 1/10，甚至更少。这样，用户便能以较好的性能价格比获得或开发 GIS 应用系统。

②直接嵌入 MIS 开发工具

组件的生产建立在严格的标准之上，因此，凡符合标准的组件都可在目前流行的各种开发工具上使用。这样，VB、VC、Delphi、PowerBuilder、Notes、Foxpro、Access 等都可直接成为 GIS 或 GMIS 的优秀开发工具，它们各自的优点都能够得到充分发挥。这与传统 GIS 专门性开发环境相比，是一种质的飞跃。

③强大的 GIS 功能

新的 GIS 组件都是基于 32 位系统平台的，采用 InProc 直接调用形式，所以无论是管理大数据的能力还是处理速度方面均不比传统 GIS 软件逊色。小小的 GIS 组件完全能提供拼接、裁剪、叠合、缓冲区等空间处理能力和丰富的空间查询与分析能力。

④开发简捷

由于 GIS 组件可以直接嵌入 MIS 开发工具中，对于广大开发人员来讲，就可以自由选用他们熟悉的开发工具。而且，GIS 组件提供的 API 形式非常接近 MIS 工具的模式，开发人员可以像管理数据库表一样熟练地管理地图等空间数据，无须对开发人员进行特殊的培训。在 GIS 或 GMIS 的开发过程中，开发人员的素质与熟练程度是十分重要的因素。这将使大量的 MIS 开发人员能够较快地过渡到 GIS 或 GMIS 的开发工作中，从而大大加速 GIS 的发展。

——组件式 GIS 符合当今软件技术的发展潮流，极大地方便了应用和系统集成。同传统的 GIS 比较，这一技术具有以下几方面特点：

①高效无缝的系统集成

GIS 应用系统建设实际上是对 GIS 数据、基本空间处理功能与各种应用模型进行集成。各种资源和设施管理的 GIS 应用更是要求 GIS 和 MIS 乃至办公自动化(OA)有机结合，这对 GIS 系统集成方案提出了很高的要求。归纳起来，基于传统的 GIS 基础软件主要有四种模式的集成方案。

模式一：在 GIS 基础软件与应用分析模型之间，通过文件存取方式建立数据交换通道。在这种集成方式中，GIS 与应用分析模型通过中间文件格式交换数据，不适合于大量而频繁地交换数据的情况，而且 GIS 基础软件与应用分析模型相互独立，系统整合性差。

模式二：直接使用 GIS 软件提供的二次开发语言编制应用分析模型。解决了模式一的缺陷，但是 GIS 所提供的二次开发语言往往不能与 C、C++、FORTRAN 等专业程序设计语言相比，难以开发复杂的应用模型。

模式三：利用专业程序设计语言开发应用模型，并直接访问 GIS 软件的内部数据结构。应用模型开发者可以根据自己的意愿选择使用何种高级语言开发复杂的应用模型，但是直接访问 GIS 软件数据结构增加了应用开发的难度。

模式四：通过动态数据交换(DDE)建立 GIS 与应用模型之间的快速通信。这是在 DDE 技术发展起来以后，对第一种集成方式的改进，可以避免频繁的文件数据交换所带来的效率降低的缺陷，也避免了从 GIS 外部直接访问 GIS 数据结构的代价。但是，GIS 与应用模型是分离的，这种拼接仍然是“有缝”的。

不论采用以上何种系统集成模式，传统的 GIS 软件在系统集成上都存在缺陷。组件式 GIS 提供了解决以上问题的理想方案。组件式 GIS 不依赖于某一种开发语言，可以嵌入通用的开发环境(如：Visual Basic 或 Delphi)中实现 GIS 功能，专业模型则可以使用这些通用开发环境来实现，也可以插入其它的专业性模型分析控件。因此，使用组件式 GIS 可以实现高效、无缝的系统集成。

②无须专门 GIS 开发语言

传统 GIS 往往提供独立的二次开发语言，如 Arc/Info 的 AML、MGE 的 MDL、MapInfo 的 MapBasic 等。对 GIS 基础软件开发者而言，设计一套二次开发语言是不小的负担，同时二次开发语言对用户和应用开发者而言也存在学习上的负担。而且使用系统所提供的二次开发语言，开发能力往往受到限制，难以处理复杂问题。组件式 GIS 则不需要专门的 GIS 二次开发语言，只需实现 GIS 的基本功能函数，按照组件标准开发接口。这有利于减轻 GIS 软件开发者的负担，而且增强了 GIS 软件的可扩展性。GIS 应用开发者，不必掌握专门的 GIS 开发语言，只需熟悉基于 Windows 平台的通用集成开发环境，以及组件式 GIS 各个控件的属性、方法和事件，就可以完成应用系统的开发和集成。目前，可供选择的开发环境很多，如 Visual C++、Visual Basic、Visual FoxPro、Delphi、C++ Builder 以及 Power Builder 等等。

③大众化的 GIS

组件式技术已经成为业界标准，用户可以象使用其他 ActiveX 控件一样使用组件式 GIS 控件，使非专业的普通用户也能够开发和集成 GIS 应用系统，推动了 GIS 大众化进程。组件式 GIS 的出现使 GIS 不仅是专家们的专业分析工具，同时也成为普通用户对地理相关数据进行管理的可视化工具。

许多部门、组织和个人建设 GIS 项目的初衷并非是与人共享他们的数据，而是使用 GIS 来管理和维护他们拥有的财产、资源和设施。因此传统的 GIS 软件主要是面向地理数据的拥有者，系统非常昂贵、庞大而且复杂。随着社会信息化的进一步加深，数据共享显得越来越重要。让用户共享并且浏览数据，不但能保护数据投资，而且会能产生增值效应。事实上，数据的使用者(users)远远比数据的拥有者或制作者(doers)多，而数据的浏览者(viewers)则比使用者更多。数据的拥有者、使用者和浏览者呈金字塔形。新型的组件式 GIS 是面向位于金字塔下部的数据使用者和浏览者的，使用组件式 GIS，可以方便地进行地理数据的分析、浏览和发布。

④成本低

由于传统 GIS 结构的封闭性，往往使得软件本身变得越来越庞大，不同系统的交互性差，系统的开发难度大。组件式 GIS 提供空间数据的采集、存储、管理、分析和模拟等功能，至于其他非 GIS 功能(如关系数据库管理、统计图表制作等)则可以使用专业厂商提供的专门组件，有利于降低 GIS 软件开发成本。另一方面，组件式 GIS 本身又可以划分为多个控件，分别完成不同功能。用户可以根据实际需要选择所需控件，最大限度地降低了用户的经济负担。

5.1.5 组件式 GIS 的应用

各个 GIS 控件之间，以及 GIS 控件与其它非 GIS 控件之间，可以方便地通过可视化的软件开发工具集成起来，形成最终的 GIS 应用。控件如同一堆各式各样的积木，他们分别实现不同的功能(包括 GIS 和非 GIS 功能)，根据需要把实现各种功能的“积木”搭建起来，就构成应用系统。

传统 GIS 软件与用户或者二次开发者之间的交互，一般通过菜单或工具条按钮、命令以及 GIS 二次开发语言进行。组件式 GIS 与用户和客户程序之间则主要通过属性、方法和事件进行交互。

属性（Properties） 指描述控件或对象性质（Attributes）的数据，如：BackColor (地图背景颜色)、GPSIcon (用于 GPS 动态目标跟踪显示的图标)等。可以通过重新指定这些属性的值来改变控件和对象性质。在控件内部，属性通常对应于变量（Variables）。

方法（Methods） 指对象的动作（Actions），如：Show(显示)、AddLayer（增加图层）、Open（打开）、Close（关闭）等。通过调用这些方法可以让控件执行诸如打开地图文件、显示地图之类的动作。在控件内部，方法通常对应于函数（Functions）。

事件（Events） 指对象的响应（Responses）。当对象进行某些动作时（可以是执行动作之前、动作进行过程中或者动作完成后）激发一个事件，以便客户程序介入并响应这个事件。比如用鼠标在地图窗口内单击并选择一个地图要素，控件产生选中事件（如 ItemPicked）通知客户程序有地图要素被选中，并传回描述选中对象的个数、所属图层等等有关选择集信息的参数。

属性、方法和事件是控件的通用标准接口，适用于任何可以作为 ActiveX 包容器的开发语言，具有很强的通用性。目前，可以嵌入组件式 GIS 控件集成 GIS 应用的可视化开发环境很多，根据 GIS 应用项目的特点和用户对不同编程语言的熟悉程度，可以比较自由地选择合适的开发环境（表 5-1）。其中，Microsoft 公司的 Visual Basic 和 Borland 公司

的 Delphi 功能强大、易于使用，适合大多数 GIS 应用；而 Visual FoxPro 等开发环境适合建立数据库管理功能强大的 GIS 应用。例如，笔者等在研制 1997 年中国科学院赠送给中国人民解放军驻香港部队的“香港综合 GIS”中，使用了 Visual Basic 与我们开发的 ActiveMap 组件式 GIS 软件进行系统集成。“南宁市土地信息系统”则强调 GIS 与日常业务办公的紧密结合，对数据库和办公自动化的要求较高，所以在服务器端采用 Microsoft SQL Server 管理日常办公业务数据和宗地属性数据，采用 Intergraph 的 MGE 管理宗地图等空间数据；在客户端则采用 Visual FoxPro + ActiveMap 的集成方案。“香港之窗”多媒体光盘对多媒体功能要求较高，故选择 Visual Basic 与 ActiveMap 集成。

表 5-1　几种可以使用组件式 GIS 控件进行 GIS 应用集成的开发环境比较

可视化开发环境	特点及适用范围
Visual Basic	具有较强的多媒体和数据库管理功能，且易于使用，适合大多数 GIS 应用
Delphi	
C++ Builder	
Visual C++	功能强大但对编程人员要求很高，适用于编程能力强的用户以及需要编写复杂的、底层的专业分析模型的 GIS 应用
Borland C++	
Visual FoxPro	数据库管理功能强，适用于建立有大量关系数据的 GIS 应用
Power Builder	

5.1.6　组件式 GIS 开发平台的结构

组件式 GIS 开发平台通常可设计为三级结构：

基础组件——面向空间数据管理，提供基本的交互过程。

高级通用组件——面向通用功能。

行业性组件——抽象出行业应用的特定算法，固化到组件中，进一步加速开发过程。

下面以我国自主开发的全组件式 MapEngineGIS 开发平台为例，说明三级结构的组成：

（1）基础组件

处于平台最低层，是整个系统的基础，主要面向空间数据管理，提供基本的交互过程，并能以灵活的方式与数据库系统连接。

（2）高级通用组件

高级通用组件由基础组件构造而成。它们面向通用功能，简化用户开发过程，如显示工具组件、选择工具组件、编辑工具组件、属性浏览器组件等等。它们之间的协同控制消息都被封装起来。这级组件经过封装后，使二次开发更为简单。如一个编辑查询系统，若用基础平台开发，需要编写大量的代码，而利用高级通用组件，只需几句程序就够了。

（3）行业性组件

以 GPS 监控为例。对于 GPS 应用，除了需要地图显示、信息查询等一般的 GIS 功能外，还需要特定的应用功能，如动态目标显示、目标锁定、轨迹显示等。这些 GPS 行业性应用功能组件被封装起来后，开发者的工作就可简化为设置显示目标的图例、轨迹显示的颜色、锁定的目标，以及调用、接受数据的方法等。

5.1.7 ComGIS 的设计与开发

设计 ComGIS，需要根据功能划分为多个控件。划分控件需要根据不同的数据结构和系统模型进行具体分析，要考虑以下几个方面的问题：

（1）控件间差别最大、控件内差别最小；

（2）纯设计用模块与将随集成系统发布的模块分开，例如地图符号编辑、线型编辑器应与空间查询分析等模块分开；

（3）相同显示窗口的模块尽可能设计在同一个控件里；

（4）处理相同数据文件的模块尽可能设计在同一个控件里；

（5）剔除空间查询分析控件中不必要的内容，减少 Internet 下载的数据量。

考虑到以上因素，ComGIS 可以划分为数据采集与编辑控件、图像处理控件、三维控件、数据转换控件、地图符号编辑/线性编辑控件、空间查询分析控件等。其中一些无须进行二次开发的模块不一定以组件方式提供，比如数据采集、数据转换、符号编辑/线型编辑等模块可以用独立运行程序方式提供，数据转换模块还可以编译成动态连接库。

支持 ActiveX 组件开发的程序设计语言都可以用来开发 ComGIS 软件，比如目前比较流行的 Visual C++、Borland C++、Visual Basic、Delphi 等等，其中前两种效率高、功能强，较为常用。ComGIS 开发要注意几个方面的问题：（1）优化的代码和高效的算法 尽管 COM 技术的二进制通信具有很高的效率，与独立运行程序比较，OCX 控件在运行速度上仍有差距。不过我们的开发实践证明，采用高效的算法并精心优化代码可以使软件整体效率有较大改善。经过对比测试，我们研制的组件式 GIS 软件- ActiveMap，在图形显示上比目前 Windows95/NT 平台上大多数商业化 GIS 软件快，其中甚至包括非组件式的 GIS 软件。（2）紧凑、简练的数据结构 在能够充分表达地理信息并能有效进行各种处理、分析的前提下，软件数据结构要尽可能紧凑。这不仅可以加快数据存取速度，同时也为适应 Internet 传递的需要。（3）流行 GIS 数据文件的数据引擎 除提供与各种 GIS 数据文件格式的数据转换程序外，ComGIS 被设计为可以直接访问多种数据格式也是一大特色。Intergraph 的 GeoMedia 可以直接访问 MGE、Frame、ArcView、SDO 等著名软件的数据格式。ActiveMap 也可直接访问 MGE 等流行的数据格式，提高了数据共享方面的能力。

5.1.8 ComGIS 与 WebGIS

国际互联网(Internet)的迅速崛起，并在全球范围内飞速发展，使万维网(World Wide Web 简称 WWW 或者 Web)成为高效的全球信息发布渠道。随着人们对 GIS 应用的需求，利用 Internet 技术在 Web 上发布和出版空间数据，以供用户浏览、查询并获取所需的空间数据和应用，是 GIS 发展的必然趋势，这就产生了 WebGIS。从 WWW 的任意一个节点，Internet 用户可以浏览 WebGIS 站点中的空间数据，以及制作专题图，进行各种空间检索和空间分析。

许多 WebGIS 软件包均采用 HTML 标准，活动内容采用 Java applets(SUN 标准)或者 ActiveX(Microsoft 标准)进行传递。新型的分布式面向对象 WebGIS 可以采用 CORBA/Java 或者 DCOM/ActiveX 技术进行开发。

ActiveX 控件不仅可以用于一般的 ActiveX 容器程序（比如 Visual Basic、Delphi 等），

而且能嵌入 Web 页面中。任何 ActiveX 控件都可以设计成 Internet 控件，作为 Web 页面的一部分，Web 页面中的控件通过脚本(Script)互相通信。因此，ComGIS 是 WebGIS 的一种解决方案，而基于这一方案的 WebGIS 通常比基于 Java 的运行速度快。

5.2 互联网时代的 GIS

由于信息技术的快速发展，GIS 软件在以下几个方面取得了很大的进展：

（1）开放 GIS 的研究。开放 GIS 研究的目的是保证用户可以存取广泛分布在网络上的 GIS 数据和处理单元，而不考虑数据和处理的源地和规格。一个由用户和开发商组成的联盟(OGIS)已经成立并开始为 GIS 的互操作与数据共享制订标准。

（2）关系数据库(RDBMS)和 GIS 的结合。利用 RDBMS 存储 GIS 数据，并通过 RDBMS 存取和操纵这些数据。新的 RDBMS 也将支持新的对象-关系模型(ORACLE)，从而可以更好地支持空间数据类型。

（3）GIS 构件(Component)的开发。原来的巨型 GIS 系统现在正迅速走向构件化，分解为基本的 GIS 构件。标准的包装技术(Wrapper)已经出现，从而使 GIS 应用的开发者可以利用这些元件快速地组装 GIS 应用软件。

（4）互联网(Internet)，尤其是万维网(WWW)，已经成为 GIS 的新的操作平台。GIS 在互联网上的应用目前主要集中在空间数据的发放，地址的查询和地图的显示，并开始出现更为复杂的 GIS 应用。将来会允许对专家功能系统的存取。

这些技术实际上是相互关联和相互影响的，并以多层次，分布式对象技术为核心，以万维网为载体。本文将围绕这四个方面的变化探讨互联网时代的 GIS 软件与应用所面临的问题和可能的对策。

5.2.1 信息技术(IT)对 GIS 的影响

最近 15 年里，工业界和应用部门在设计开发和维护大型的 GIS 软件和应用系统时发生了很大的变化。最初，我们使用的是大型的基于主机系统(例如 VAX11 系列)的 GIS 软件和应用。这些系统都包含有各自独特的显示单元，功能模块和数据存取单元。它们基本上是不能与其他系统共享数据的。为了使不同系统的用户能够存取相同的数据，通常的做法是在不同的系统里存储同样数据的多个备份。这种巨无霸系统只能是低效和高代价的。在信息技术的其他领域，它很快就让位于关系数据库技术和客户-服务器模型的系统。这样的客户-服务器系统通过利用网络、个人计算机、图形用户界面和关系数据库把集中式的巨无霸系统分解为较小的单元，从而简化了复杂的信息系统的开发与管理。然而在 GIS 领域，这种转变在最近几年才发生。这和 GIS 最初局限于制图和地学应用有关。直到最近几年，由于 GIS 的应用已经远远超出了纯粹的地学范畴，市场的扩大促使信息工业的积极介入，并主导了 GIS 在技术上的发展方向。

新的客户-服务器系统把 GIS 应用分解为两个部分：客户单元和服务器单元。客户单元包括应用的表达单元(图形用户接口)和部分功能单元(分析，转换，制图等等)。服务器单元是 GIS 的功能单元(分析，转换，制图等等)的组合。数据存取单元可以放在客户端或者服务器端。这仅仅取决于实现的策略。从现有的客户-服务器模式的 GIS 系统来看，通

常是服务器端只包括数据的存取单元，而所有的功能单元和 GUI 都放在客户端；或者把部分分析功能放在服务器端(例如 Esri，Bentley，Mapinfo 等的相关产品)。具体而言，这种模式实际上是利用了中间件技术，使 GIS 作为关系数据库(RDBMS)的前端应用，其间的联结部分就是数据存取单元，典型的客房-服务器架构的 GIS。

显然，这样的客户-服务器解决方案只是简单地把原来的巨无霸系统变成了两个仍然巨大的系统。系统的建立管理和维护以及应用扩展仍然是一件艰难的事情。我们还必须一遍又一遍地重复编写已有的功能，代码的再利用是件很困难的事。通常这意味着代码的拷贝、修改和再开发。因此，一部分代码的改变可能会影响到整个系统相关代码的修改。

第二次转变是从经典的客户-服务器计算模型转变到以构件开发为基础的分布式计算模型(Component-based Distributed Computing Model)。信息工业用了很长的时间完成这种转变(这个过程仍然还在继续)，而 GIS 这一次却紧紧地跟上了信息产业的脚步。新的模型把现在仍然庞大的两段式客户-服务器 GIS 分解成可自我管理的构件(或称对象)。这些构件之间可以跨网络和跨操作系统进行互操作(虽然目前还未见到这样的 GIS 构件出现，但已经有很多基于单一的操作系统平台的 GIS 构件出现在市场)，应用开发人员可以很容易地通过对这些构件的组装去发展新的应用和软件。这种转变和互联网的快速扩张和普及密切相关，互联网提供了分布式软件构件的应用市场。

5.2.2 互联网上 GIS 的构件模型

GIS 第二次技术上的转变的核心是构件化(Componentization)，即把已有的 GIS 分解为可互操作的自我管理的构件。它们建立在分布式的对象结构基础之上，应用了最新的分布式技术(例如 OMG 的 CORBA 和 Microsoft 的 OLE/COM，以及 SUN 的 Java 技术)。然而，基于构件技术的 GIS 设计和传统的巨无霸式系统或两段式客户-服务器系统设计有不同的方法和模式，其基本的框架结构也有差异。例如，传统的 GIS 模型包括十个功能单元：获取，转换，验证和编辑，存储，重购，综合，变换，查询，分析及表现，然而，由于存储和查询部分现在已纳入 RDBMS，因此，在一个以万维网为平台的分布式 GIS 中基本的，

5.3 Internet GIS 的部件化结构

网络的发展对我们的将来有着深远的影响。网络用户和信息数量正在以惊人的速度增长。在我们的工作、学习和生活中，网络的应用处处可见。许多部门开始采用 Internet 技术并与其 Intranet 联合起来。Internet 和 GIS (Geographic Information System)的结合即 Internet GIS，为 GIS 数据、信息的获取、共享和发布提供新的方法。

GIS 厂商可以分为主要的两类：提供 GIS 软件的厂商和为 GIS 软件提供数据用以显示和分析的厂商。GIS 数据厂商们通过使用元数据或提供免费的实例数据来宣传他们的数据。虽然元数据非常重要，但对客户而言，要做出全部购买元数据的决定仍然是很有限的。并且免费的实例数据的作用不大。

用 WWW(World Wide Web)和 HTTP(Hyper Text Markup Language)能构造 Internet GIS。WWW 和 HTTP 不直接支持空间数据形成矢量图形。因而，仅仅用 WWW 和 HTTP

建立起来的 Internet GIS 功能非常有限，不是真正意义上的 Internet GIS。目前有两种传统的构造 Internet GIS 方法：即服务器应用程序接口方法和插件法。CGI (Common Gateway Interfaces)作为返回适当文件和生成一个网上传输文件的通路，是在 HTTP 服务器上编写的。所有空间数据的操作都在服务器端完成，GIF 格式或 JPEG 格式的图像是空间数据返回仅有的形式。这对网络传输是非常重的负担。

为解决 Internet 和 GIS 结合所存在的问题，开发了基于 Java 和 JDBC 的新的 Internet GIS。这里讨论此系统在 Internet 上获取、显示和分析空间数据的部件化结构和矢量图形分布模型。部件化结构为矢量图形分布模型的具体实现，部件化结构是此系统的主要特征，其部件化结构包括 JDBC 和扩展的 JDBC 数据获取部件、空间查询部件、分析部件和专题制图部件等。

5.3.1 矢量图形分布模型

一般将 Internet GIS 分为两类，服务器端的和客户机端的。对于服务器端的 Internet GIS 而言，空间分析和输出全由服务器完成。它能解决大型数据库的管理及完成复杂任务，CGI 负责连接用户输入和 GIS 服务器。而客户机仅仅用于结果显示。这对网络传输是非常重的负担。对于客户机端的 Internet GIS 而言，GIS 分析和数据处理在客户机上完成，如 GIS Plug-in, ActiveX, GIS Java applet。与服务器端的 Internet GIS 相比，客户机端的 Internet GIS 具有在用户端上操作灵活方便的特征，有效地减少网络传输和服务器的负担。但它处理大型数据库和完成复杂的 GIS 空间操作的能力十分有限。

为此，提出矢量图形分布式模型，以矢量图形分布式模型为基础的 Internet GIS，是一个基于 Client/Server 的 Internet GIS。它由分布在 Internet 上的 Web 服务器、客户端、多 JDBC 数据获取服务器和多数据库服务器组成。Web 服务器负责 Web 服务，数据库服务器负责数据库管理、数据服务和复杂空间分析处理，其他任务由客户机完成。在客户端，用户所见到的和操作的是矢量的图形，而非栅格数据和静态图像，并且与主数据库无缝连接。因而，在客户端进行的漫游，放大，缩小，查询和分析等基本操作均在客户机完成，无需 Web 服务器和数据库服务器参与。而数据库管理、数据服务和复杂空间处理在数据库上分布式完成。

基于矢量图形分布式模型的 Internet GIS 既具有服务器端的 Internet GIS 处理空间分析、大型数据库管理的能力，又具有客户机端的 Internet GIS 在用户端操作灵活方便的特征。既减轻了服务器和网络传输的负担，又充分利用了服务器和客户机的资源。在 Internet 上客户端的用户操作的是矢量的图形，实现 Internet 和 GIS 的真正结合。

这个模型有五个基本的特征：

- 矢量图形数据。
- 任务分离。
- 分布式计算。
- 分布式服务器和客户端。
- 多数据源的互操作性。

对 CGI 模型而言，返回空间数据的唯一形式是 GIF 格式或 JPEG 格式的图像。这样对图像的处理非常耗时，如放大、缩小、漫游、网上制图、模型分析服务等。因为每次发

送一个消息给服务器时，服务器都需要查找数据库，执行操作，生成 GIF，然后再传送给浏览者。这给服务器和网络传输的负担很重。对矢量图形分布模型而言，客户端的空间数据是矢量的图形数据，放大、缩小、漫游、网上制图、模型分析服务等所有基本操作都在客户机上完成，从而克服了 CGI 模型的固有缺陷，有效地减少了网络传输和服务器的负担。

与其它模型相比，矢量图形分布模型具有许多特征。首先，Web 服务器、客户端、多 JDBC 数据获取服务器和多数据库服务器的任务是完全分离的。Web 服务器提供 Web 服务以及系统运转所需的类。多数据库服务器的任务则是数据服务，例如数据计算和数据操作。多 JDBC 数据获取服务器提供了数据库服务器和客户机之间的接口。此外，包括显示、查询、专题图的生成分析等在内的基本操作任务是在客户机上完成的。其次，计算是分布在网络上的，有一些计算是在客户机上完成的，而有关数据库管理的计算、复杂的空间分析则是在多数据库服务器上完成的。再次，多 JDBC 数据获取服务器和多数据库服务器均是分布在网络上的。这种模型还提供了多数据源的互操作性，以同时操作多种 GIS 数据源格式的数据，如 GeoFile、GeoDB、ARC/INFO、MapInfo、DXF 和 MGE。

5.3.2 部件化结构

部件对象模型是为促进软件交互使用而设计的，允许两个或多个应用程序或部件方便地合作。它代表着一种变革性质的软件革命，采用这种技术，程序开发者将要实现的任务分成若干个部件对象模型，分别进行设计，从而大大地简化了软件开发，并增强应用程序的功能。

部件化结构是软件发展的趋势。部件化结构体现了完全面向对象的思想和原则。用 Java 来实现所有部件，如专题制图部件，统计分析部件，显示部件，数据管理部件和 JDBC 数据组织部件等。部件化结构必须满足下列条件：所有的方法对用户而言是透明的、同样的信息送给不同的对象会产生不同的结果、基于现有 Class 的新的 Class 可以重用所继承的 Class 的所有开放方法和功能、在运行时可以连接来自不同地点的对象。

使用部件化结构是为了实现矢量图形分布式模型的，实现矢量图形操作、分布式计算、互操作性。因此它必须实现真正的面向对象。部件化结构具备以下特征：

- 封装性：实现信息隐藏、模块化、部件化和抽象化。
- 多态性：同一消息传送到不同的对象，各个对象接受消息后，独立地响应。
- 继承性：在原有的类上可以定义新的类和操作，做到代码重用和代码有组织。
- 动态链接：对象可以来自任何地方，包含网络。编程人员在编写代码时，可以不需要知道对象的类别，而将消息传送给对象。

部件在对象通过方法驱动和消息响应来互相通讯的过程中得以体现。部件之间也可通过消息传递来互相通讯。部件接受到消息后，便选择一个方法执行。方法定义部件初始化的操作。对初始化变量的管理则应用对象的方法，在部件化结构中，类与类之间可能有一些方法是同名的，一个部件对消息的响应取决于部件本身，即多态性。

举例说明，这里有四个部件：GTool,GMain,Gmessage 和 Mframe。Mframe 应用各种方法和 GTool，GMain,Gmessage 进行通讯。GTool,Gmain 和 Gmessage 之间通过消息响应互相通讯。Gmain 部件由 FullMap,MainMap 和 TreeView 三个部件组成。在这四个部件之

间，方法驱动和消息响应是极其重要的

语言部件应用了 Java 国际管理模块的机制，与语言相关的部件是独立的。Internet GIS 系统只有一个与语言有关的部件，语言部件包括对英语、汉语和日语的支持。当用户选择任一种语言时，部件根据不同环境应用语言部件的相关部分，转换成所选语言，语言部件的多语言特征，实现了 GIS 数据和信息全球化共享和发布的目标。

5.4 万维网 GIS 实现的相关技术问题

5.4.1 利用 CGI 在万维网与常规 GIS 系统建立系统网关

CGI 是万维网服务器调用外部程序的接口，通过 CGI，万维网服务器能完成一些本身力所不能及的工作。

外部应用程序通过 CGI 服务例程与万维网服务器间建立关联，并对客户端的操作做出进一步的响应。

CGI 接口分为 Standard CGI (Unix CGI),Dos CGI 和 Win CGI。万维网客户端通过万维网服务器触发 CGI 程序，读取 HTML(Hyper Text Markup Language 超文本标记语言)文件，并将消息传给万维网客户端。在这一过程中，CGI 起一种桥梁的作用。一些 GIS 系统软件正是利用这一原理尝试着将自己现有的 GIS 软件连接到万维网上。(如 ARC/View 和 MapInfo)。但由于 GIS 软件最初设计时数据结构和模型均未充分考虑到 Internet 应用，所以这种连接是牵强的，如客户端图形的放大缩小，空间解算等均很难实现，但现阶段仍是一种实用的实现方法。

以 MapInfo ProServer 为例，目前的因特网浏览器无法识别矢量图形，要在浏览器中获取地图，必须在服务器端将矢量图形转换成栅格图形，这样的转换将使数据量增大许多倍。MapInfo ProServer 是如何解决这一问题的呢?实际上 MapInfo ProServer 是一个 OLE Automation Server，它可以规定 MapInfo V4.1 的实例数目并控制访问这些实例，它的基本功能是响应 CGI 应用的请求并返回有效的 MapInfo 实例，其本身并不对图形进行处理。Gateway 网关程序通过处理来自 HTML 页面数据并和 MapInfo ProServer 建立 OLE 连接，由一个指针指向来自 ProServer 的 MapInfo V4.1 的一个有效实例，MapInfo ProServer 返回一个指向 MapInfo V4.1 有效实例的指针并在需要时启动另一个实例。然后网关应用就可操纵具体实例，通知 MapInfo V4.1 生成栅格地图，产生一个 HTML 页面送往 Web Server，再从 Web Server 返回给 Web Broswer。

5.4.2 利用 Plug-in 实现万维图 GIS 应用的插入

美国网景公司 Netscape 的浏览器提供了一套 API(应用程序接口)，叫插入法(Plug-in)，目的是便于其他软件厂商插入与万维网应用有关的软件 Autodesk 公司的 MapGuide 即是这样的 Plug-in。利用 MWF(Map Window File)窗口地图文件(被 Autodesk 公司认为是一种革命性的文件格式)来发布动态的、分层的、基于矢量的地图。MapGuide Plug-in 运行时，使用 MWF 文件能访问位于因特网上任何位置的不同数据库。在客户端运行 Auto CAD Map 2.0，通过工作会话(Work Session)特性可同时访问查询多张地图。

5.4.3 利用微软的 Activex 和 COM 构造万维网 GIS

利用微软公司的构件对象模型 COM(Component Object Model)及其网络相关技术 Activex,可将一个巨大的 GIS 软件系统分解成相对独立的构件。这些构件通过构件技术和 OLE(对象链接嵌入)、SDE(空间数据引擎)等实现万维网 GIS，如 ESRI 公司的 Mapobject 构件包括一个 OLE 控制和 35 个可编程的 OLE 对象，用户可调用这些构件从而构成自己的 GIS 应用。

5.4.4 利用 Java 语言进行万维网 GIS 开发

Java 是一种面向对象的计算机语言，除了少数基本数据类型外，其余均以对象 Object 的形式出现。作为面向对象的语言，Java 支持对象的封装、多态性和继承。相对而言，Java 语言的封装性较强，因为 Java 无全程变量，无主函数。由于使用虚拟机技术(JVM)，Java 在目标代码级实现了平台无关性。Java 支持万维网模式，并支持万维网的数据分布和操作分布。数据分布是指数据可以分散在网络的不同主机上，操作分布是指把一个计算分散在不同的主机上处理。对于前者 Java 提供了一个叫 URL(Universal Resource Locator)的对象，利用这个对象可以分布式地访问具有 URL 的数据对象。对于后者，Java 通过 Applet 下载到客户端实现应用，即由全部在服务器上运行变为部分运行，另一部分在客户端运行。

基于 Java 的万维网 GIS 可简单分为两类：① 部分基于 Java，典型的做法是用 Java 开发客户端的功能，而服务器编程则仍维持传统的开发方法或保持现有系统不变。利用 Java 开发的客户端 GIS 软件可具有非常强的制图和地理空间分析功能(如 ESRI 的 Internet MapServer)。② 完全基于 Java 的系统，目前还没有正式产品面市。

5.4.5 万维网 GIS 相关数据模型

通常对数据模型的分类有层次模型(Hierarchical Model)、网络模型(Nextwork Model)、关系模型(Relational Model)、面向对象的模型(Object-Oriented Model)，这些模型的特点及应用有很多专门论述。

随着因特网的发展，与因特网和多媒体技术相关的一些数据模型引起人们极大的重视(有人把这样的模型称为数据格式或文本格式)，这些模型包括：超文本或超媒体模型(Hypertext or Hypermedia Model)、文献模型 ODA(The office Document Architecture)、信息元模型、表现与同步模型、超图模型等，这些模型与面向对象的数据模型的集成构成了万维网 GIS 的主要模型\技术。限于篇幅，本文只介绍超文本和超图模型及其应用。

（1）超文本模型或超媒体模型

超文本概念由美国著名科学家 V.Bush 提出，并由美国的 Ted Nelson 在 60 年代实现。超文本的结构类似于人类的联想记忆结构，它采用一种非线性的网状结构组织块状信息，没有固定的顺序，如 Windows 中的 help 文件和 Web 中的 HTML 超文本。超文本由若干内部互联的文本块(或其他信息)组成，这些信息块可以是计算机的若干屏，也可以是若干窗口，文件或更小的块信息。这样一个信息单元就称为一个节点(Node)，不管节点有多大，每个节点都有若干指向其他节点或从其他节点指向该节点的指针，这些指针称为链(Link)。超文本结构实际上就是节点和链组成的一个网络。如果文本是多媒体，则这时称

为超媒体。超媒体的节点和链具体可分为：

①节点：文本节点和结构化数据节点、位图图像节点和图形节点、动画节点和视频节点、音乐节点和数字化语音节点、混合媒体节点、按钮节点、组织型节点及推理型节点等。

②链：链一般分为链源，链宿和链属性。链源是指导节点信息迁移的原因，链宿可以是热字、热区、图元、热点、媒体对象或节点等。链宿是链的目的所在，一般超文本链的链宿都是节点。链的属性决定链的类型。

超媒体数据在万维网中通过 HTML 和 HTTP(超文本传输协议 HyperText Transfer Protocol)、URL(Universal Resource Locator)实现。如用户需要构造自己的主页(Homepage)，就需要 HTML 语言，它是万维网的专用描述语言。HTML 规定信息陈列的格式，指定需要显示的图像和超文本链的链接对象。

HTML 能将文本和静止的图片组织在一起，通过 Java 编写的 Applet 小程序可实现文本和图片的动态和特技效果，但就整体而言，仍限于静态的范围内。被称为第二代 Web 构造语言 VRML(虚拟现实造型语言)用来在万维网上构造虚拟世界。它的基础是基于 HTTP 的万维网和 SGI 提供的 Open Inventor 文件模型。VRML 的目标是通过 VRML 浏览器，用户能在一个虚拟的场景中自由移动，还

能与其中的实体相互作用并通过超链接(Hyper Link)到达一个新的三维世界。

（2）超图模型及其应用

超图是一种图，是图论研究的一个分支内容，由法国数学家布耶(F.Bouille)于 1997 年提出。超图理论用于地图数据库构模很好地解决了空间数据与非空间属性数据的关联。利用超图模型可以方便地实现不同类别对象间的链接，从而有可能无缝地在万维网中实现分布式超链链接，使地图对象有可能成为万维网中的节点，借助于适合 GIS 的传输协议，类似 HTTP 完成 GIS 的分布计算。

超图数据模型的基本元素为：

① 类：由具有某种共性的元素构成；

② 对象：对象即元素，具有类的性质；

③ 类的属性：类的属性为类中的对象性质的总和；

④ 对象的属性：所属类属性的实例值；

⑤ 类与类之间的链：类的两端既可为不同的类，亦可为相同的类，表示联系，链不一定唯一；

⑥ 对象与对象之间的链：表示了具体对象间的关系。

超图可用于表达类与类之间层次关系，如分类、聚合、概括、多层次联系、复合类、分割等，超图数据模型在应用时，凡图示所表示的联系，均可用作检索路径，数据完整性约束可作为类的属性加以说明。

利用超图数据模型容易实现类与类之间相同对象的链接。比如对于高速公路管理的 GIS，除去查询计算有关公路的要素外，要涉及到与高速公路地理相关、区域相关、经济相关、行业相关、业务相关等 GIS 系统或数据库。在传统的 GIS 局域网要想实现以上功能，必须自己建立相关的数据库，这几乎是不可能的。利用万维网，利用超图模型，我们可以设定高速公路系统的对象关联、类关联，并进行链接，使用万维网 GIS 浏览器或计

算对话框即可实现前面的功能。

研究超图模型，并研究万维网 GIS 服务器软件和客户端软件是摆在我们面前的一项艰巨的任务。

5.5 WebGIS—基于 Internet 的 GIS

WebGIS 是 Internet 技术应用于 GIS 开发的产物。GIS 通过 WWW 功能得以扩展，真正成为一种大众使用的工具。从 WWW 的任意一个节点，Internet 用户可以浏览 WebGIS 站点中的空间数据、制作专题图，以及进行各种空间检索和空间分析，从而使 GIS 进入千家万户。WebGIS 具有以下特点：

（1）全球化的客户/服务器应用　全球范围内任意一个 WWW 节点的 Internet 用户都可以访问 WebGIS 服务器提供的各种 GIS 服务，甚至还可以进行全球范围内的 GIS 数据更新。

（2）真正大众化的 GIS　由于 Internet 的爆炸性发展，Web 服务正在进入千家万户，WebGIS 给更多用户提供了使用 GIS 的机会。WebGIS 可以使用通用浏览器进行浏览、查询，额外的插件(Plug-in)、ActiveX 控件和 Java Applet 通常都是免费的，降低了终端用户的经济和技术负担，很大程度上扩大了 GIS 的潜在用户范围。而以往的 GIS 由于成本高和技术难度大，往往成为少数专家拥有的专业工具，很难推广。

（3）良好的可扩展性　WebGIS 很容易跟 Web 中的其他信息服务进行无缝集成，可以建立灵活多变的 GIS 应用。

（4）跨平台特性　在 WebGIS 以前，尽管一些厂商为不同的操作系统(如：Windows、UNIX、Macintosh)分别提供了相应的 GIS 软件版本，但是没有一个 GIS 软件真正具有跨平台的特性。而基于 Java 的 WebGIS 可以做到“一次编成，到处运行 (write once, run anywhere)”，把跨平台的特点发挥得淋漓尽致。

5.5.1 WebGIS 设计思想

CGI 和 Sever API 是较早应用于 WebGIS 开发的方法。其中 CGI 是通用网关接口(Common Gateway Interface)的英文缩写，它建立了 Internet 服务器与应用程序之间的接口。基于 CGI 的 WebGIS 是按照如下方式实现 WWW 交互的：用户发送一个请求到服务器上，服务器通过 CGI 把该请求转发给后端运行的 GIS 应用程序中，由应用程序生成结果交还给服务器，服务器再把结果传递到用户端显示。这种方式的缺点是服务器每次请求都要重新启动 GIS 应用程序，降低了系统响应速度。Sever API 是经过扩充的 CGI 工具，比如 Microsoft 的 ISAPI 和 Netscape 的 NSAPI。采用 Server API，服务器请求后端 GIS 应用程序时不用重新启动该程序，而是通过 IPC(Inter-process Communication，进程间通讯协议)与之进行信息交换。不过由于 Server API 没有统一的标准，所以一旦采用了某种 Server API，那么服务器端将依赖于这种服务器程序。

目前的大部分 WebGIS 是采用的 CGI/Sever API 方法。但是，CGI 机制本身有很大的缺陷，对于每一个客户机的请求，都要重新启动一个新的服务进程，从而影响速度。它不适应于编写最新的客户/服务器应用软件，也不适合编写面向对象的 Java 客户机。经过各

种扩充的 CGI 工具也无助于问题的解决，因为不管是采用进程间 DLL、服务器插件或者是 ORB 对象的方案，它们都需要 HTTP 和 Web 服务器作为中介，来协调服务器和客户机对象之间的通信。一个客户机对象无法直接调用服务器对象，客户机与服务器对象之间交互的基本形式仍然是 HTML 表格。对于象 WebGIS 这样复杂的客户/服务器应用来说，网络通信量相当大，采用这种方式很难进一步提高速度。为了解决这个问题，1997 年 6 月诞生了 Web 的一种分布式对象方案，称为“Object Web”。Object Web 将是 Internet 变革中的又一个新浪潮。

基于 Object Web 规范的 WebGIS 可以称为分布式对象 WebGIS，这是 WebGIS 的最新发展方向。基于 Object Web 开发的 WebGIS 可以有效避免 CGI 形成的瓶颈，允许客户机直接调用服务器上的方法。分布式对象平台提供一种可以伸缩的由服务器到服务器的体系结构，服务器对象可以运行在多个服务器上，从而可以动态平衡客户端请求的负载。

目前，有两套不同的 Object Web 规范正在进行着激烈的竞争：一个是 Object Management Group 和 Javasoft 公司的联合推出的 CORBA/Java 标准，另一个是 Microsoft 公司提出的 DCOM /ActiveX 标准。两个标准各有千秋，相持不下。尽管 Java 编译器在不断改进，但是 CORBA/Java 在运行速度上仍然不如 DCOM/ActiveX。和 Java 一样，CORBA/Java 规范的最大优势仍然在于其跨平台能力，适用于 Windows、Macintosh、UNIX 等，而 DCOM/ActiveX 目前还只能运行于 32 位 Windows 系列操作系统。不过，Windows 系列操作系统的市场占有率达 80%以上，在 Internet 客户端的计算机市场里，其占有率则可能更高。究竟选用何种规范来开发 WebGIS，需要根据软件的设计目标来权衡各方面的因素。

进行 WebGIS 设计的另外一个重要选择是，在客户端使用矢量地图或者栅格地图。如果使用矢量图形，一般需要在客户端事先安装插件(Plug-in)，或者运行时自动下载 Java Applet 抑或 ActiveX 控件；在客户端使用栅格图像则不需要而任何额外程序。不过，正因为在客户端使用了插件、Java Applet 或者 ActiveX 控件，采用矢量图形方式可以在本地执行许多操作，比如：地图放大缩小、漫游、就地选择并高亮显示，在一定程度上减少了服务器端的负载和网络上的数据传输量；采用栅格图像方式，在客户端只能读得鼠标的 x, y 坐标，进行地图缩放、平移和选择等操作都要传递 x, y 坐标到服务器端处理，生成新的栅格图传递到客户端显示，增加了服务器和网络传输的负担。

5.5.2 WebGIS 应用前景

WebGIS 是当今 GIS 的制高点，已成为各大厂商激烈竞争的焦点。几个重要的 GIS 厂商争相发布各自的 WebGIS 产品，如 MapInfo 公司的 MapInfo ProServer 、Intergraph 公司的 GeoMedia Web Map、ESRI 的 Internet Map Server(IMS) for ArcView & MapObjects，著名的 CAD 厂商 Autodesk 公司也推出了 MapGuide。这些产品大多发布于 1996-1997 年。最近 Bently 公司和 MapInfo 公司又相继推出了 ModelServer/Discovery 和 MapX Site。

WebGIS 使 GIS 应用走向公众，通过网络可以将空间信息传至千家万户，如美国纽约州某县通过电视有线网，向公众发布城市和土地等信息。香港旅游局也正在着手建立香港旅游信息系统，该系统的基础数据直接来源于香港地政署的大型空间数据库，旅游信息则由旅游协会(TA)提供。计划首先在尖沙嘴等旅游热点安装触摸屏，游客可以通过它直接了

解香港地理环境和查询旅游信息。

WebGIS 的数据传输量很大，目前 Internet 的速度还不能完全满足需求。MapGuide 的插件大约为 1M，使用 28.8K 的调制解调器(MODEM)也至少需要 6 分钟才能从服务器上下载过来。不过，网络技术日新月异，56K 的 MODEM 已经开发出来。1997 年 2 月，美国总统克林顿提出“建立快 1000 倍的第二代互联网络，让 12 岁以上的青少年人人都上互联网”。微软正在实施的一项计划中准备发射 840 多颗人造地球卫星，这些卫星将用于取代光纤进行 Internet 数据传输。可以预见，随着 Internet 技术的发展，WebGIS 应用终将走上普通人的办公桌、走进千家万户的家用电脑，与 Internet 本身一样成为人们日常生活必不可少的实用工具。

WebGIS 还可以应用于 Intranet 建立企业/部门内部的网络 GIS，可以在科研机构、政府职能部门、企事业单位得到广泛应用。WebGIS 提供了一种易于维护的分布式 GIS 解决方案。尽管目前的 WebGIS 软件提供的空间分析功能很难满足专业应用的需要，但是随着技术的发展，WebGIS 终将取代传统的 GIS。

5.6 WebGIS 技术剖析

GIS(GIS)同时管理地理空间信息和数据库属性数据,在城市规划、地下管线管理、市政设施、房地产、交通管理等领域有着广泛的应用价值。随着近年来计算机技术的发展，GIS 在组成结构和应用技术等方面已与传统的 GIS 技术有了很大的不同,而基于 Internet/Intranet 的 WebGIS 则是 GIS 技术发展的新趋势之一。

平衡高效的计算负载传统的 GIS 大都使用文件服务器结构的处理方式，其处理能力完全依赖于客户端,效率较低。而当今一些高级的 WebGIS 能充分利用网络资源,将基础性、全局性的处理交由服务器执行,而对数据量较小的简单操作则由客户端直接完成。这种计算模式能灵活高效地寻求计算负荷和网络流量负载在服务器端和客户端的合理分配，是一种较理想的优化模式。

在享受 WebGIS 为我们带来的上述好处的同时，还应看到目前 WebGIS 还存在着许多不成熟的方面，如进入 Internet 带来的网络速率的限制及相应的安全性问题等等。因此预计在今后的一段时期内，WebGIS 将首先在 Intranet 上获得更为广泛的应用。

为追随 WebGIS 这一发展趋势，近期各大 GIS 软件厂家纷纷推出通过 Web 提供交互式成图功能的工具。ESRI 公司最近推出了 InternetMapServerforArcView,而 MapInfo 也已增强和重新打包了它的 Web 服务器,称之为 MapXtreme。在应用系统方面，国外著名的 GIS 软件公司的网站上已大都使用了 WebGIS 技术，如 http://www.esri.com 、http://www.mapinfo.com 等。国内如中国经济信息网公众信息部与国家信息中心数据库部联合开发的《中经网地图信息服务系统》(网址 http://serve.cei.gov.cn)，可为用户提供地理位置检索、信息分类查询和模糊检索等服务内容。综观这些 WebGIS 系统，从实现形式上可分为以下两类：

（1）动态(dynamic)的 WebGIS

这类 GIS 系统是目前 WebGIS 实现的主要形式。实际上，最早的 WebGIS 出现时，是简单地将固定的地图图片链接到网页上，对于所有的用户查询，系统返回的是预先制成的

相同的地形文件和数据。这种方案的局限性是显而易见的，随后的改进方案是在服务器端使用 CGI(CommonGatewayInterface)技术，由 CGI 程序负责处理用户输入，将用户的操作指令传递到运行在后台的 GIS 服务器，然后将服务器返回的结果反馈给用户。这种动态操纵空间数据库生成查询结果图形和数据的方式，我们称为动态的 WebGIS。其中 CGI 可以用任何一种能运行在服务器上的语言如 C、C++,VB 甚至是 Perl、ShellScript 等解释型语言写成。近期许多网站开始用 ASP(ActiveServerPages)来代替 CGI,它们的原理不同，但所起的作用是一致的，都起到了管理和传递输入输出的作用。动态的 WebGIS 的特点是：

①基本不用改变原有的 GIS 服务器端的调用函数，构造 Web 时较为简便迅速，开发效率高。

②针对不同的用户操作完成相应的响应，能完成 GIS 的大多数功能。

③对服务器要求较高，由于用户发出的所有指令最终都由 GISServer 来完成，用户端实际上是起了一个图形终端的作用，致使服务器端负担过重，要求服务器端的硬件速度快，内存容量大。当用户数量多时，容易在服务器端形成瓶颈，进而影响整个系统的效率。

④由于回传用户的地图是在服务器生成的图像数据，因此网络数据流量较大，在慢速的网络上用户的等待现象十分突出。

（2）主动(active)的 WebGIS

主动的 WebGIS 方式不是由服务器包办处理用户的一切请求，而是通过服务器向客户端发送一段运行在本地机上的客户程序。这个程序可以与用户相交互，处理用户的一些简单请求，如地图的开窗、放大等，所需的矢量地形数据直接向服务器申请。当客户发出一些较复杂、高级的操作要求而客户程序不能处理时，才请求 WebGIS 服务器处理，其处理结果也以矢量数据的形式发还给客户端。目前有许多种方法可以建立主动的 WebGIS，而 Java 是开发主动的 WebGIS 的主流技术。采用主动的 WebGIS 的优点在于：

①这种方法传送给用户的是矢量的地理元素实体，而不只是一幅由服务器处理好的静态图像，给予了用户更大的操作自由度，可以自由地处理每个元素,不但可以查询地图数据，还可以分析和更新数据。

②嵌入浏览器中运行的 Java 程序直接在用户机器上执行，无须安装，也不会产生复杂的软硬件兼容性问题，简便可靠。

③在网上传输的是各类矢量图形数据和属性数据，较之图像数据流量大大降低，同时由于程序是在用户端执行的，许多简单操作无须通过网络传交服务器处理，也减少了用户和服务器之间的数据流量,从而提高了整个网络的运行效率，加快了响应速度。

④服务器的处理负载降低，使之可以响应更多的请求。

⑤需要开发 Java 客户端程序，制定一套完整的 C/S 信息交换扩展协议并修改原有的 GIS 服务器软件,使之接受信息交换协议，在软件上需投入的工作量较大，周期较长。

5.7 Intranet GIS 概述

5.7.1 Intranet GIS 的组成

所谓 Intranet GIS 是指在 Intranet 的信息发布、数据共享、交流协作基础之上实现 GIS

的在线查询和业务处理等功能。其中 Web 分布式交互操作是工作重点。

Intranet GIS 的基本组成包括：WWW、Mail、FTP 服务器；Browser/Plug-ins；页面描述语言 HTML、VRML；Web 交互技术，如 Java、CGI、Active X；GIS 数据库管理，如 ARCSTORM、SDE。

5.7.2 Intranet GIS 的特色

由于速率、安全性及面向业务处理等关键要素，Intranet GIS 将首先在 Intranet 上获得广泛应用，利用 Java、CGI、Plug-ins 等开发技术，使企业用户直接通过 Browser 对 GIS 数据进行访问，实现检索查询、制图输出、编辑修改等 GIS 基本功能。

（1）传统 GIS 的弊端

多数 GIS 系统都是基于文件共享的低级分布式结构，数据集中存放于服务器，由空间数据库系统进行统一管理，在客户端采用 GIS 桌面系统进行远程文件调用。所存在的主要问题是：文件服务器结构的处理能力完全依赖于客户端，其效率低下。客户端的任何操作都要将服务器文件远程复制到本地进行。当多用户并发操作时，网上存在多个备份，因此，数据的完整性难以控制；大量数据频繁传输，易造成网络瓶颈，降低系统性能。成本高。企业用户使用 GIS 仅限于一般功能，而每个客户端都要配备昂贵的专业 GIS 软件，这无疑是巨大的浪费。GIS 桌面系统操作复杂，操作人员需要有专业基础和经过专门培训，不适合企业级及大众化应用。

（2）Intranet GIS 的优势

大规模降低成本，全面取代 GIS 桌面系统。将企业成员的交流合作与 GIS 专业操作有机地结合，构成企业群体生产力。用页面取代窗口，使系统简单易用，降低了专业操作的难度。充分利用网络资源，对于复杂的处理，诸如大规模查询，则交由服务器执行，而数据量较小的简单操作则由客户端完成。这是一种理想的全局优化模式。

5.7.3 功能实现

（1）通用网关接口(CGI)

Intranet GIS 最先使用的方法是 CGI 技术。GIS 厂商在其成熟产品的基础上兼容发展 Intranet 解决方案，通常采用 CGI 方案，即提供专用空间数据库的 Web 接口。CGI 是一种连接应用软件和 Web 服务器的标准技术，是 HTML 的功能扩展。HTML 超文本是一种不可编程的静态文本，它的设计原则是显示数据和文件，而不是处理数据，因而不能用来产生动态的信息，缺乏交互性。但是，灵活易用的 CGI 程序与 HTML 的结合实现了交互式的动态通信。例如，为了让用户存取数据库中的信息，CGI 可以被用来连接网络服务器中的数据库服务器，在系统中起桥梁作用。1997 年 ESRI 推出了 MapObjects Internet Map Server，使用 HTML 将客户端的请求传给 Web 服务器，而 Web 服务器则通过专用的 CGI 访问 GIS 服务器，GIS 服务器承担了所有的查询、计算工作，将结果构建成一个 HTML 文档反馈给 Web 服务器，再将 HTML 文档传给客户端浏览器。

由于 CGI 是网络服务器上可执行的程序，任何人要访问相应的网络服务器，都可以运行 CGI 程序。基本上所有的计算机语言都可以用来扩展 CGI 程序，最常用的几种包括 C、C++、Perl 和 VB。Web 一出现，CGI 技术很快就被用于构造能产生动态地图的 Web

网站。根据程序的特点，GIS CGI 技术方法可分为以下两类：

①CGI 启动制图软件以批处理方式运行

一个典型的例子是美国施乐公司的地图服务器。它是由一个简单的制图软件经修改后成为以批处理方式运行的程序，可以根据命令行参数产生各种不同的地图。其运行结果通常以 GIF 格式返回给用户。这种系统的好处是程序简单、运行速度比较快。但由于它的简单，比起商业化的制图软件则显得能力不足，然而大多数商业 GIS 软件并没有设计成以批处理方式运行。例如，尽管 ARC/INFO 可以以批处理方式运行，但要把它作为网络服务器后端制图软件是不切实际的，因为 ARC/INFO 的启动时间较长，而且如果没有用户的介入则很难处理复杂地图。

②CGI 启动后端 GIS 程序

很多 GIS 软件是基于图形用户界面、用“事件”（Event）驱动的，一旦启动，就可以一直运行等待触发事件。这种系统有许多优点，而且网络浏览器也是利用图形用户界面由事件驱动的。一个网络浏览器上的事件，通过 CGI 很容易传到后端 GIS 软件上，CGI 和后端 GIS 软件的信息交换通过进程间通信协议 IPC 来完成。常见的 IPC 协议有传统 Unix 上的远程过程调用 RPC、Windows 的动态数据交换 DDE 及实体连接和嵌入 OLEMAC 机上的 Apple Event。利用这种 CGI 方法，只要用户在网络浏览器上按一下，信息就通过交互网络传回到网络服务器上，然后由 CGI 程序将此信息通过 IPC 传至后端的 GIS 软件。例如，可以要求 GIS 软件将地图中的某个地区放大，然后将放大后的地图屏幕图像传给用户。

这种方法的优点在于，运行速度较前一种快，因为它不需要每次启动后端的 GIS 软件，同时可以利用商业化 GIS 软件产生出高质量的地图。事实上，GIS 软件的所有功能都可以被利用起来。

但这种方法仍有许多不足之处。首先，很难同时运行多个 CGI 程序；其次，这种方法需要制图软件一直处于运行状态，这不仅要求 GIS 软件所在的服务器一直联机，而且也消耗不少计算机资源。另外，从服务器方面驱动的 CGI 必须用某个特定的数据库服务器的专用 SQL 语言于上编写数据库接口，还有网络安全问题和有限的交互性问题。这种系统的例子有 ESRI 的 Internet Map Server（http://www.esri.com）、MapInfo 的 Proserver（http://www.mapinfo.com））。

（2）Plug-ins GIS 插件

基于 CGI 的系统仅提供给用户端有限的 GIS 功能，传给用户的信息都是静态的，而且用户的 GIS 操作都需要由服务器来处理。解决这个问题的方法是把一部分服务器上的功能移到用户端上，这样不仅加快了用户操作的反应速度，而且也减少了网上的流量。标准 WWW 浏览器只提供了一些最基本的浏览和导航功能，而缺乏处理地理空间数据的能力。

方法之一是安装能与网络浏览器交换信息的专门 GIS 软件。这种增加网络浏览器功能的方法就叫插入法（Plug　ins）。为便于其它软件厂商发展插入型软件，Netscape 公司专门提供了一套应用程序接口(API)。目前这种插入软件已被普遍采用，在多媒体领域尤为明显。这种插入软件不但可以增加网络浏览器处理地理空间数据的能力，使人们更容易获取地理数据，而且可以减少网络服务器的信息流量，从而使服务器更有效地为更多的用

户服务，因为大多数用户的数据处理功能可以由网络浏览器插入软件来完成。美国 ARGUS 制图公司的地图显示软件 MapViewer（http://www.argusmap.com）就属于这类插入软件。Autodesk 公司的 Whip!（http://www.autocad.com）可支持通用浏览器访问 AutoCAD 数据的能力。与传统的应用软件类似，插入软件也需要先安装再使用，因而传统软件中不同版本之间的不兼容性及版本管理问题仍然存在。

Autodesk 为 Intranet 提供了一种新的二维矢量文件格式 DWF 及被称为 Whip! Plug ins 的浏览工具，以便用户能有效地从 Intranet 下载工程技术及设计类的数据资料。借助这些新技术，用户可以查阅二维矢量数据，并可利用高速缩放和平移功能迅捷地浏览内容复杂而详尽的图形文件。此外，对嵌入的 URL 的支持可允许用户在 Intranet 中与其它站点建立直接的联系，从而使世界各地的设计人员能够通过 Internet 在设计项目上进行合作。

（3）Java Applet

尽管插件可以和网络浏览器一起有效地处理空间数据，但这种方法仍有不少缺陷。首先，它将导致用户端负担过重，因为几乎每个软件厂商都希望它的软件能与交互网兼容。显然这不符合标准网络浏览器的设计思想。其次，众多插入软件的管理会成为信息技术部门的一个大问题，因为无论任何人，只要可以联入互联网就都可以接收最新的插入软件。为解决上述问题，互联网程序语言应运而生。目前最普及的互联网程序语言是 Java，另一种语言是由微软公司提出的 Active X。与 Java 相比，Active X 目前还没有解决非常重要的网络安全问题。

互联网程序语言与前面所述的几种方法的不同之处主要在于，允许可执行程序从网络服务器上传到用户机器上，并直接在用户机器上执行，从而省略了一整套传统软件的安装过程。由于程序是在用户端执行的，因而避免了用户和服务器之间不必要的信息流量，提高了整个网络的运行效率。另外，这种方法让用户可以自由地处理每个地理实体，而不只是获取一幅由服务器处理好的静态图像。

5.7.4 设计思想

（1）GIS 网络协议

开发一组支持传输 GIS 空间数据的网络协议对 GIS 在 Intranet 中的生存和发展十分重要。作为 HTTP 协议的扩充，开发基于 HTTP 的 GIS 数据通信协议是较好的解决办法。

• HTTP 的可扩展性和面向对象的特性使构造新的协议简单易行。

• TCP/IP 与 HTTP 是非常流行的协议，而处理专题信息的 GIS 网络协议难以得到广泛认可。

• 与 HTTP 捆绑的 GIS 协议可迅速遍布 Intranet。

（2）Intranet GIS 多源数据的集成

在 Intranet 普及之前，GIS 系统集成的重要性就已被专家们意识到了，并且提出了全关系化、面向对象等解决方法，但是这些方法在多元数据的集成和专题模型与 GIS 系统的集成方面都存在着一些问题。随着 Intranet 的广泛应用，GIS 面对的是一个松散的开放性的网络，它蕴藏着无穷的信息资源。Intranet GIS 如何访问外源数据库，并从中迅速检索出 Intranet GIS 所需要的信息，是 Intranet GIS 系统集成的新的内涵。

Intranet GIS 系统集成应包括两个方面，即建立与外源数据的动态链接；利用元数据

库实现数据与处理方法集的统一封装。方法集是由一系列字符串表示的数学公式，用户可以动态编辑这些公式。

（3）多线程模型

GIS 用户会注意到，在应用程序读/写文件或执行耗时较长的复杂的检索、计算和图形刷新时，整个应用程序会处于阻塞状态，用户只能被动等待。网络用户亦会注意到，网络的带宽非常有限，多个用户同时访问同一服务器则会导致网络性能急剧下降；网络传输和 I/O 操作只能占用小部分 CPU 资源，而大部分 CPU 时间被闲置；此外，慢速的 I/O 操作与耗时、复杂的查询或计算一样，用户须被动地等待一项任务完成后再执行其它比较迫切的任务。所有上述问题都是由于应用程序采用了单线程运行机制的缘故，因此，为了合理地利用网络与机器资源，Intranet GIS 需要建立支持高度并发性的多线程模型。

（4）平台独立性

Intranet 是一个开放性的网络，与其相连的主机运行着各种各样的平台，这些操作系统唯一的共性是对 TCP/IP 协议的支持。在当前标准和开放系统备受推崇的时代，跨平台和可移植性在一定程度上决定了 Intranet GIS 的可应用性。

5.7.5 数据模型

Intranet GIS 的内部数据采用了面向对象的数据模型，包括点、线、多边形和注释四种基本空间对象类型，每种对象类型包括空间数据和属性数据。图层对象由多个空间对象类型组成，属于同一空间坐标系的图层组成一幅地图。

Intranet GIS 与外部数据的动态链接采用了两种方式，即对网络中的 GIS 空间数据的访问采用 GIS 空间数据协议；对 Web 数据库的访问采用 JDBC 或 Java SQL 的访问方式。Intranet GIS 与 Web 数据库的动态链接主要表现在与关系型数据库的链接方面，这是由于政府、企业等组织的最有价值的信息一般都存储在 Sybase、Oracle、Database 等商业数据库中，这种先期的信息管理方式将促使政府、企业继承原平台继续投资。另外，关系型数据库推出了适应处理多媒体数据的 Data Blade 技术，同时，各种关系型数据库均推出了比较完善的 Intranet 解决方案。

5.7.6 计算模式

（1）分布式并行计算

Intranet GIS 采用浏览器/服务器的计算模式，它支持数据分布和操作分布。对于数据分布，一般是指数据在客户端的分布，但是，Intranet GIS 利用 Java 提供的 URL 对象访问网络上的数据库/文件，其访问方式就如同访问本地文件系统一样，这样，Intranet GIS 获取数据就绕开了繁忙的 Web 服务器。对于操作分布，Intranet GIS 在客户端运算，承担了服务器的部分工作量，从而提高了整个系统的执行效率，避免了服务器的瓶颈问题。

（2）多线程并行式计算

单线程系统依靠一个无穷的事件循环模型来顺序控制系统的例程处理，而多线程模型是一种支持高度并发性的系统模型。由于多个任务很少同时长时间占用 CPU，因此，多线程模型将多个任务分为若干个独立的线程并发执行，充分利用了系统资源。

Java 的多线程机制使 Intranet GIS 的并行式计算成为可能。Intranet GIS 支持 I/O 吞吐、

查询计算、图形刷新和用户界面等多线程的并发执行。其中 I/O 线程的优先级最低；查询计算时，图形刷新和用户界面响应的优先级最高。在一定的时间内，Java 的抢占式执行方式使优先级高的线程获得了更多的执行时间，因此，Intranet GIS 通过赋予与用户交互性强的任务以较高的线程级别来增加前台作业的速度，从而减少了用户的等待时间；耗时较长的操作则赋予较低的线程级别，置于后台，利用 CPU 的闲散资源来完成。

附录　GIS 分析与设计报告与文档

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 分析与设计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。

这些文档的内容和详尽程度视系统规模大小、开发阶段等因素而定。为了便于 GIS 的开发，附录概述上述文档的内容，供参考。

1　立项报告

立项报告是选择建设项目的依据，它必须完全符合 GIS 建设的要求，具有显著的社会效益和经济效益。

立项报告应包括以下各项内容：

（1）引言

①系统简介：简要介绍系统的名称、目标和功能，并说明系统建设的组织单位、服务对象及其与其他系统或机构的联系。

②参考资料：列出有关文件的作者、标题、编号、发表日期和出版单位。必要时说明这些文件资料的来源。

（2）系统概况

简要说明新系统的建设规模、组织机构和初步的建设实施计划。

（3）系统建设的必要性

主要说明旧系统的弊病和新系统的优越性，以及它所产生的显著社会、经济效益。

（4）系统的投资概算

对系统建设所需的投资进行估算，提出投资概算和初步的资金筹措设想。计划利用外资的项目，需说明利用外资的可能性及偿还贷款能力测算。

（5）附件

附上与文件有关的其他文件、资料。

2 可行性研究报告

可行性研究报告要求根据实际需要和可能，对几种可能的系统建设方案从技术可行性、经济可行性和运营维护可行性等三个方面进行论证，并分析利弊，提出建议性结论。

可行性研究报告应包括以下各项内容：

（1）引言

a 系统简介　简要介绍系统的名称、目标和功能，并说明系统建设的组织单位、服务对象及其与其他系统或机构的联系。

b 参考资料　列出有关文件的作者、标题、编号、发表日期和出版单位。必要时说明这些文件资料的来源。

（2）对现行系统的分析

A 组织结构　给出现行系统的组织机构、工作任务、范围与相关部门的关系。地域分布图及距离注解，用图表示。

B 业务流程　①给出现行主要业务系统流程图；②给出主要业务流程描述。

C 工作负荷　描述现行系统的工作和工作量。

D 费用　给出维持现行系统运行的各项费用开支及总额。

E 人员　给出现行系统的人员状况。

F 设备　给出现行系统的设备及使用状况。

G 给出计算机应用情况

①基本配置；

②使用效率和效益；

③局限性：列出计算机使用过程中处理速度、响应时间、数据存贮能力、处理功能等方面的各种主要局限性。

H 问题和要求　列出现行系统的组织体系、工作效率、人员、设备以及计算机配置、运行效率等问题和新要求。

（3）拟建系统的候选规模及方案（提出一个主要方案及几个辅助方案）

A 拟建系统的目标

①改进管理手段；

②提高和改进管理信息服务；

③增强资源共享；

④减少人力和设备费用；

⑤提高人员利用率；

⑥提高社会和经济效益。

B 系统的建设规模及初步设计方案　说明拟建系统的规模、组成和结构。

C 系统建设的实施计划。

D 投资方案　说明投资的数量、来源和时间安排。

E 人员培训及补充方案　说明新系统对人员的数量和素质的要求，对现有人员进行培训及新增人员的计划。

F 其他可供选择的方案。

（4）可行性研究　对候选方案进行可行性分析。包括：

A 系统建设的技术可行性

①对现有可用技术的估价；

②分析使用现有技术进行系统建设的可行性；

③对技术的发展可能产生的影响的预测。

B 系统建设的经济可行性

①现有经济条件分析：经济发展水平与所需投资的适应性分析；

②系统建设费用分析：包括土建费用、计算机系统和其它软硬件系统、技术开发和人员培训费用；

③营运费用分析：包括人员工资、水电等公共设施的使用、软硬件系统的租赁和维护、数据收集和录入、通讯、消耗材料以及其他等费用；

④对系统效益的估计：包括对直接的和间接的经济效益以及社会效益的分析；

⑤经济可行性分析：提出投资的可能性，效益／费用比等。

C 系统运行可行性分析

①系统对组织机构的影响及其可行性；

②人员计划的可行性包括现有人员的状况及其对系统的适应性，现有人员可接受培训的程度及培训设施的能力，人员补充计划的可行性等；

③环境条件的可行性：公共设施的能力以及自然环境或环境保护的影响。

D 几种方案的比较研究

E 建设性结论　说明可以按某方案立即开始建设，或待某些条件成熟后再按某方案建设，或不必进行实施。

3　系统设计任务书

系统设计任务书是在系统可行性研究的基础上，对选定的系统建设的最佳方案进行更为深入的研究、分析，进一步明确系统建设的目标和规模，并制定系统建设的初步计划。

系统设计任务书应包括以下各项内容：

（1）系统的目标及任务

A 背景　现代科学技术的高速发展及其对信息系统的需求。

B 目标和任务　列出系统建设的目标及达到目标的衡量标准，简述系统的主要任务。

（2）系统的结构

（3）系统的规模及建设计划

A 系统的规模　提出收集信息的范围、服务范围和对象、服务内容、处理能力和投资规模等

B 系统建设初步计划

C 投资安排计划

D 人员计划　提出人员需求及对现有人员进行培训及新增人员计划

（4）问题和措施

提出系统建设的组织保证及对可预见的问题拟采取的措施。

4　用户需求分析报告

用户需求分析报告是根据系统设计任务书、并在用户需求调查的基础上编制的 GIS 建设主要文件，是进行系统设计的主要依据。

用户需求分析报告应包括以下各项内容：

（1）引言

A 系统简介　简要介绍本系统的名称、基本功能和编制本说明书的目的。并列出本系统的任务提出者、开发者及其主管部门。

B 参考资料

①列出本系统经核准的计划任务书、合同或上级机关批文；

②列出本系统用到的全部资料。包括这些资料的作者、标题、编号、发表日期及出版单位。必要时说明这些资料的来源。

（2）概述

A 系统的描述　叙述开发本系统的意图、应用目标和作用范围等。解释所开发的系统与其他有关系统的关系，以及系统内各部分之间的关系。

B 主要功能　列出本系统的主要功能及简要说明。

C 实现语言　列出所采用的程序设计语言。

D 用户特点　列出本系统用户对系统开发形成约束条件的重要特点。

（3）用户业务管理现状分析

详细分析用户部门有关各项业务的现状，包括业务流程、数据流程、数据量、应用频率、数据源情况，业务管理依据的行政和技术文件，各阶段业务之间的关系，现有组织机构和为适应 GIS 技术而应作的组织机构、业务流程、管理方法等方面的调整，用户的职权范围和对本系统功能的要求等。

（4）具体需求

A 功能需求　逐项说明用户对本系统各项功能的详细需求，描述为完成各项功能所需要的输入、处理和输出等。

B 外部接口需求

①用户界面：说明系统与用户间的界面需求，如菜单格式、打印格式、输入和输出时间等；

②硬件接口：说明系统对硬件的基本要求；

③软件接口：说明本系统对其他软件和系统软件的需求；

④通讯接口：说明本系统对各种通讯软件的需求和接口要求。

C 性能需求

①说明系统中数据、数学方法和传输精度的要求；

②说明系统的时间特性要求；

③说明系统适应需求变化能力的要求。

D 设计约束（说明所需遵守的其他标准和硬件限制等设计约束）

①需遵守的其他标准：说明由现有的标准或规则而衍生的需求，如：报表格式、数据命名、追踪检查等；

②硬件的限制：说明对系统设计构成约束的硬件条件。

E 属性需求

①可使用性：定义某些需求，以保证系统的可使用性。如：检查点、恢复方法和重启动性等；

②安全性：说明如何保护系统软件，以防止偶然或恶意的访问、使用、修改或泄密；

③可维护性　说明保证系统维护的若干要求；

④可移植性　说明软、硬件环境的兼容性及移植环境的约束等。

F 其他需求

①数据库：说明系统中数据库部分的需求；

②操作：说明用户的常规和特殊操作；

③故障处理：列出可能发生的软、硬件故障及处理要求。

（5）数据需求

A 数据描述（列出下列数据）

①静态数据；

②动态输入数据；

③动态输出数据。

B 数据采集　应按数据的逻辑分组说明数据采集的要求和范围，指明数据的采集者。包括：

①数据源；

②输入介质和设备；

③接受者；

④输出介质和设备；

⑤数据值的范围；

⑥更新和处理频度。

C 数据字典　列出系统中出现的全部数据内容，并说明之。

（6）提出测试的准则

5　系统总体设计方案和子系统设计方案

系统总体设计方案是从总体角度对系统建设的主要技术设计方案进行说明，以便系统建设有一个可遵循的技术规范。同时，还要对设计指导思想和所采用的技术方法进行说明。它是上级主管部门审查和协调系统建设过程的依据，是下一阶段工作的基础。

系统总体设计方案应包括以下各项内容：

（1）引言

A 系统简介　简要介绍系统的名称、目标和功能，并说明系统建设的组织单位、服务

对象及其与其他系统或机构的联系。

B 参考资料　列出有关文件的作者、标题、编号、发表日期和出版单位。必要时说明这些文件资料的来源。

（2）系统总体设计技术方案

A 模块设计　在本阶段，首先划分系统内部基础模块结构，然后确定系统的总体结构。它是编写程序的依据。

模块结构图　是采用 IPO 图（即输入—处理—输出图）形式绘制而成的系统结构框图。图中需简述模块的名称、功能和接口关系。

①名称：列出系统中各主要功能的结构图名称和它们之间的关系；

②功能：用文字简单说明主要模块结构图应具有的功能。

B 代码设计　代码设计是 GIS 建设的重要设计内容之一。它是进行信息分类、标识，以便对数据进行存贮、管理和查询检索的关键，也用于指定数据的处理方法，区别数据类型和指定计算机处理的内容。

C 输入设计　负担着将系统外的数据以一定的格式送入计算机的任务，它直接影响到人工系统和机器系统的工作质量。输入设计的原则是确保系统输入信息的正确无误，输入必须有必要的介质和设备为基础。应说明系统的主要输入信息，以及对输入承担者的安排和主要功能要求。简要说明各主要输入数据的类型、来源和所采用的设备、介质、格式、数值范围、精度等。简述所用的数据核验方法及其效果。如果输入数据同某一接口软件有关，还应说明该接口软件的来源。

D 输出设计　是指计算机将原始输入数据进行处理，将其加工成满足用户使用要求的格式，并提供给用户。输出不仅有一定的格式要求，而且必须有必要的介质和设备支撑。

E 数据库设计　说明编制数据库设计说明的目的是对所设计数据库中数据的逻辑结构和物理结构作出具体的设计规定。

①概述：说明设计开发数据库的意图、应用目标、作用范围、主要功能以及有关数据库开发的背景材料；

②需求规定：主要描述数据库性能规定，包括数据精度、存取数据的有效性、响应时间、数据的转换和传送时间以及其他专门要求；

③运行环境要求：简述运行数据库的硬设备及其专门功能，列出支撑软件并说明测试用的软件，说明在安全保密以及其他有关方面的要求；

④设计考虑：简要说明本系统（或子系统）内所使用的数据结构中，有关数据分层、数据项、记录、文件的标识、定义、长度及它们之间的相互关系。

简要说明本系统（或子系统）内所使用的数据结构中有关数据项的存贮要求、访问方法、存取单位、存取的物理关系（索引、设备和存储区域）、设计考虑和保密处理。

F 模型库及方法库设计

G 网络设计　即系统的网络结构和网络功能设计。

H 安全保密设计

I 评价、验收　对系统的每一部分设计都应有相应的评价。评价的结果是验收的重要标准。

J 实施方案说明书　系统设计阶段完成以后就要确定系统实施方案，书写实施方案说

明书。实施方案说明书是系统实施阶段的依据和出发点。

①实施方案说明：对系统名称、子系统名称、程序名称、程序语言、使用的设备等逐项说明；对数据长度、文件名称和形式、编号、构成记录的各数据项的名称和内容等逐项说明；对进行程序设计的处理内容进行详细说明；

②实施总计划：对系统建设中需完成的各项工作（包括文件编制、审批、打印、用户培训工作、使用设备的安排工作等），按层次进行分解，指明每项任务的要求。给出每项工作任务（包括文件编制）的预定开始日期和完成日期，规定各项工作任务完成的先后顺序以及每项工作任务完成的标志。逐项列出本系统建设所需要的费用（包括办公费、差旅费、机时费、资料费、通讯设备和专用设备的租金等）；

③实施方案的审批：由于实施方案是下一阶段工作的依据，所以待报批的实施方案要经用户、系统研制人员、程序员、操作员、专家和管理人员审议。一经批准的实施方案就不能随意改动。

6 系统实施总结报告

编制系统实施总结报告的目的是按年度、半年度、季度或按实施计划阶段向上级主管部门申报计划实施过程中的情况，使上级主管部门在布置、检查工作时有据可依。

系统实施总结报告应包括以下各项内容：

（1）引言

A 系统简介　简要介绍系统的名称、结构和总的进度要求，并列出系统建设的组织单位、开发者和用户。

B 参考资料　列出有关文件的作者、标题、编号、发表日期和出版单位。必要时说明这些文件资料的来源。

（2）进度情况

A 工程进度　应用管理系统开发进度、硬件安装调试进度、机房装修等施工进度等本阶段工程的进展情况。

B 投资进度　提供资金筹集、资金开支等本阶段的执行情况。

C 人员计划执行情况　提供本阶段所用各类人员的数目、来源及人员培训等计划的执行情况。

（3）问题和措施

陈述实施计划执行过程中遇到的资金、人员、技术和环境等方面的问题，列出解决问题的措施和情况。

7 系统测试报告

系统测试报告是在对系统硬设备、软件进行严格的功能和性能测试过程中形成的系统建设文件。

系统测试必须按照系统总体说明书所要求的系统功能和性能进行，并应对测试结果进行分析研究。

系统测试报告应包括下列内容。

（1）引言

A 系统简介　简要介绍被测试系统的名称、基本功能和测试目的，并列出被测试系统的任务提出者、开发者及其主管部门。

B 测试依据　说明进行本项测试的主要依据。

C 环境　列出被测试系统运行的软、硬件环境和进行本项测试的软、硬件实施环境。

（2）测试执行情况

列出各功能模块测试中所得到的动态输入／输出数据、图形（包括内部生成的数据、图形）的结果，与动态输入／输出预期结果相比较，列出发现的问题。

（3）系统功能结论

逐一简述系统的各项功能，说明为满足各项功能而设计的软件能力以及经过测试已证实的能力。同时，还应说明测试的输出结果和范围，列出就该功能而言在测试过程中发现的缺陷和局限性。

（4）评价

说明该系统的开发是否达到预期的目标，能否交付使用。

8　用户使用报告

用户通过试用提交的报告应包括以下内容。

（1）引言

A 系统简介　简要介绍本系统的名称、基本功能和编写本报告的主要目的，并说明本系统的任务提出者、开发者及其主管部门。

B 参考资料　列出使用本系统用到的全部资料的作者、名称、编号、出版日期及单位。必要时说明这些资料的来源。

（2）评价

A 系统功能是否符合要求

B 系统的实用性和可靠性

C 系统的可操作性

D 系统的适应性和可维护性

9　系统验收报告

系统验收报告是用户在从运行的角度对所建成的新系统进行评价验收时形成的系统建设文件。验收时用户要调查系统实施后是否达到设计时提出的预期目标，并给出是否可以通过验收的结论。

系统验收报告应包括以下内容。

（1）引言

A 系统简介　简要介绍被验收系统的名称、基本功能和编写本报告的主要目的，并说明被验收系统的任务提出者、开发者及其主管部门。

B 验收依据　本系统核准的计划任务书、合同或上级机关的批文；总体设计和子系统设计方案以及系统用户需求报告等有关资料。

（2）验收

A 验收环境

列出参加验收工作的有关人员名单、工作单位、职称等情况，给出系统验收所采用的方法及与验收有关的其他环境。

B 验收步骤

对照系统设计方案和系统用户需求报告，列出验收系统各个组成部分的步骤。

C 验收内容

①文档验收说明被验收系统的文件资料档案是否齐全，及其质量情况。

②软件验收列出被验收系统的软件功能、性能是否达到计划任务书、合同或上级部门批文和设计的要求；系统运行是否满足用户要求。

③数据库验收说明被验收系统的数据库内容是否完整、数据的标准化和质量是否符合要求。

（3）评价

根据文档和软件的验收情况，说明该系统是否通过验收。

10　系统建设总结报告

系统建设总结报告是对整个系统开发工作的一个全面的评价性文件，它应包括以下各项内容：

（1）引言

A 系统简介　简要介绍本系统的名称、开发目的，并列出系统建设的组织单位、开发者和用户。

B 参考资料　列出有关文件的作者、标题、编号、发表日期和出版单位。必要时说明这些文件资料的来源。

（2）实际开发结果

A 系统构成　说明实际开发系统的结构。

B 主要性能和功能　列出本系统实际具有的主要功能和性能，对照可行性研究报告和系统设计任务书的有关内容，说明原定开发目标是否已经达到。

C 进度　列出原定计划和实际进度，并加以对比分析。

D 费用　列出原定的计划费用和实际费用，并加以对比分析。

（3）开发工作评价

A 系统质量评价　说明主要功能与原设计预期要求的差距。

B 技术方法评价　列出对在开发中使用的技术、方法、工具和手段的评价。

C 出错原因分析　给出开发中出现的错误的原因分析。

D 经验和教训　列出本系统开发工作任务过程中所取得的最主要的经验与教训，并提出对今后开发工作的建议。

参考文献

1 陈禹．《信息系统分析与设计》．中国人民大学信息系，1984

2 张学群．《信息系统理论和实践》．北京经济学院，1983

3 黄梯云．《企业管理信息系统》．河北人民出版社，1984

4 汪星明．《企业电子计算机管理系统的设计》．中国人民大学工经系，1984

5 萨师煊，王珊．《数据库系统概论》．高等教育出版社，1984

6 陈培久等译．《管理信息系统——概念、结构与研制》．哈尔滨工业大学出版社，1985

7 阎胜大等译．《计算机网络》．陕西省自然科学编辑协会出版，1985

8 郭平欣，张淞芝．《汉字信息处理技术》．国防工业出版社，1985

9 胡自新等．《系统分析和系统设计》．机械工业部自动化研究所，1985

10 胡扬骅．《办公自动化（OA）综述》．办公自动化学会，1986

11 《国家经济信息系统设计与应用标准化规范》．国家计委、国家标准局批准，1986

12 高原康彦，岛田达己．经营情报系统．日科技连出版社（日），1994

13 薛华成等．管理信息系统．清华大学出版社，1987

14 汪星明，朱福东．企业管理信息系统．中国人民大学出版社，1994

15 黄梯云．管理信息系统．电子工业出版社，1995

16 宋凯，范铮强，季延平等．管理资讯系统．国立空中大学，1994

17 陈禹．管理信息系统的发展与变化．管理信息系统，1996．5

18 黄佩璋，祝维沙．信息系统规划与计算机系统选型．经济管理出版社，1989

19 庞林等．商业自动化技术与工程．电子工业出版社，1995

20 饭岛淳一．决策支持系统与专家系统．日科技连出版社（日），1993

21 汪日康等．计算机决策支持系统．上海科学普及出版社．1993

22 甘仞初等．信息系统开发．经济科学出版社，1997

23 姜旭平．信息系统开发方法．清华大学出版社，1997

24 李东．知识工程入门．科学出版社，1984

25 何希琼．实用 Access 详解．电子工业出版社，1996

26 王之卓．摄影测量原理．北京：测绘出版社，1979

27 王家耀等．普通地图综合原理．北京：测绘出版社，1993

28 史文中．城市地理信息系统中的数据质量问题．见宫鹏编，城市地理信息系统：方法与应用．中国海外地理信息系统协会，1996

29 祁鸣．建立运行地理信息系统的方法和步骤．见林晖主编，地理信息系统的发展与前景．北京：科学出版社，1993

30 陈俊，宫鹏．大型地理信息系统设计——以加拿大阿尔伯达省土地管理信息网络为例．见宫鹏编，城市地理信息系统：方法和应用．中国海外地理信息系统协会，1996

31 陈俊，刘绍霞．美国地理数据元数据内容的标准．地理信息科学，1996，2（1，2）：89

32 陈钦密，陈丙威，严蔚美，马仲牵等编．遥感与象片判读．北京：高等教育出版社，1989

33 陈子明．企业化的地理信息系统，见林晖，冯遥，孙以义，俞立中编，城市地理信息系统——研究与实践．上海：上海科学技术出版社，1997

34 李海晨．专题地图与地图集编制．北京：高等教育出版社，1984
35 李德仁，郑肇葆编著．解析摄影测量学．北京：测绘出版社，1992
36 李德仁，龚健雅，边馥苓．地理信息系统导论．北京：测绘出版社，1993
37 李斌．我国 GIS 软件工业面临的机遇和挑战．地理信息科学，1996，2（1，2）：73
38 李斌．GIS 与网络技术．见宫鹏编，城市地理信息系统：方法与应用．中国海外地理信息系统协会，1996
39 李荣兴．一种快速的基于 GPS 及相关技术的城市 GIS 数据采集系统．见宫鹏编，城市地理信息系统：方法与应用．中国海外地理信息系统协会．1996
40 李满春，徐雪仁．应用地图学纲要——地图分析、解释与应用．北京：高等教育出版社，1997
41 张祖勋，张剑清．数字摄影测量学．武汉：武汉测绘科技大学出版社，1996
42 宋小冬，叶嘉安．地理信息系统及其在城市规划和管理中的应用．北京：科学出版社，1996
43 吴忠性，杨启和．数学制图学原理．北京：测绘出版社，1987
44 金瓯乐，孙达，林增春．地图学．北京：高等教育出版社，1987
45 宫鹏，史培军，浦瑞良，郭华东．对地观测技术与地球系统科学．北京：科学出版社，1996
46 宫鹏，陈俊．数字土地利用图中的边界确定性．见林晖主编，地理信息系统的发展与前景，北京：科学出版社，1993
47 宫鹏编．城市地理信息系统：方法与应用．中国海外地理信息系统协会，1996
48 祝国瑞等．地图设计．广州：广东地图出版社，1993
49 夏福祥，曹长勇．万维网地理信息系统．地理信息科学，1995，1（2）：124～129
50 黄奇．美国人口普查与地理信息系统的应用．见宫鹏编，城市地理信息系统：方法与应用．中国海外地理信息系统协会，1996
51 黄杏元，汤勤编著．地理信息系统概论．北京：高等教育出版社，1989
52 黄沙白，张爱宁．基于知识的遥感感影象分类中不确定性值的不确定性模型，见林晖主编，地理信息系统的发展与前景．北京：科学出版社，1993
53 谢一春，林戈．美国国家地面面状信息库评述．见林晖主编．地理信息系统的发展与前景．北京：科学出版社，1993
54 Adams, J. et al., 1995, Classification of Multispectral Images Based on Fractions of End members-Application to Land –cover Change in Brailian Amazon, Remote Sensing Environment, 52(2): 137-152.
55 Anderson, J. R., et al., 1996, A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data, US Geological Survey Professional Paper, 964.
56 Aronoff, S., 1989, Geographic Information Systems, A *management* Perspective, WDL Publications, Ottawa, Canada.
57 Autodesk Inc., 1997, AutoDesk Training-MapGuide 2. 5 Training Material, Autodesk. San Rafel, US.
58 Beck, D., 1997, Avoid the Top 10 GIS Project Mistakes, GIS World, l0.
59 Berry, J. K., 1987, Fundamental Operations in Computer Assisted Map Analysis, International Journal of Geographic Information Systems, 1: 119-136.
60 Bonham-Carter, G. F., 1994, Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS. Pergamon: Garrytown, New York.
61 Bradley, J., 1989, An Elementary Introduction to Data Base Management, The Dryden Press.

62 Buehler, K. and McKee, L., 1996, The Open GIS Guide-Introduction to Interoperable Geoprocessing, Part I of the Open Geodata Interoperability Specification, OGIS TC Document 96-001, Open GIS Consortiun, Inc., Mayland, Massachusetts, USA.

63 Burrough, P. A., 1986, Principles of Geographical Information Systems for Land Resouces Assessment, Clarendon Press, Oxford.

64 Campione, M. & Walrath, K., 1996, The Java Tutorial-Object-Oriented Programming for the Internet, Addison-Wesley.

65 Cargill, C. F., 1989, Information Technology Standardization-Theory, Process, and Organizations, Digital Press.

66 Cerutti, D., and Pierson, D., 1993, Distributed Computing Environments, McGraw-Hill, Inc., USA.

67 Congalton, R. and Med, R. A., 1983, A Quantiative Method for Consistency and Correctnessin Photointerpretation, Phyotogrammetric Engineering and Remote Sensing, 49(1): 69-74.

68 Cornell, G. & Horstmann, C. S., 1996, Core Java, SunSoft Press, Mountain View, CA, USA.

69 Date, C. J., 1995, An Introduction to Database Systems, 6th Edition, Addison-We8ley Publishing Company, Inc.

70 Dent, B. D., 1996, Cartography, Thematic Map Design, 4th Ed. Wm. C. Brown Publishers, Boston.

71 Dutton, G., 1992, Handling Positional Uncertainty in Spatial Data Bases, Proc. of the 5th Int. Symp. on Spatial Data Handling, Aug. 3-7/92 Charleston, SC, USA. p. 460-469.

72 ESRI, 1994, Arc/Info Version 7.0 Database Design, 10, ESRI, Redland, CA, USA.

73 ESRI, 1992, Application Programming Coding Standards.

74 ESRI, 1995, ESRI's Approach to Interoperability, 8, ESRI, Redland, CA, USA.

75 ESRI, 1996, SDE Programming, 10, ESRI, Redland, CA, USA.

76 ESRI, 1996, SDE System Administration Training Material, 10, ESRI, Redland, CA, USA.

77 ESRI, 1995, SDTS-Supporting the Spatial Data Transfer Standard in Arc/Info, 7, ESRI, Redland, CA, USA.

78 ESRI, 1996, System Design Strategies-A Methodology for Designing Arc/Info and ArcView Enterprise Environments, 5, ESRI, Redland, CA, USA.

79 Federal Geographic Data Committee, 1995, Development of A National Geospatial Data Framework, FGDC Report, 4.

80 Federal Geographic Data Committee, 1994, The National Geospatial Data Clearinghouse, A Report on Federal Agency Activities within the First Six Month of Execute Order 12906, FGDC Report 12.

81 Federal Geographic Data Committee, 1994, Guideline to Encourage Spatial Data Infrastructure, FGDC, USGS, Version 3' 0, 7, 11.

82 Federal Geographic Data Committee, 1995, Content Standards for Digital Geospatial Metadata Workbook, Version 1. 0, FGDC, 3.

83 Federal Geographic Data Committee, 1995, The 1994 Plan for the National Spatial Data Infrastructure-Building the Foundation of an Information Based Society, FGDC, 3.

84 Fleiss, J. L., Cohen, J. and Everittt, B. S., 1969, Large Smaple Standard Errors of Kappa and Weighted Kappa, Psychological Bulletin, 72(5): 323-327.

85 Fleming, C. C., and Halle, B., 1989, Handbook of Relational Database Design, Addison-Wesley Publishing

Company.

86 Ford, W. and Baun, M., 1997, Secure Electronic Commerce, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, New Jersey.

87 Frank, A. U., 1988, Requirement for A Database Management for A GIS, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 54(11): 1557-1564.

88 GIS World, 1996, 1996 International GIS Sourcebook, GIS World Press.

89 Gong, P., 1994., Integrated Analysis of Spatial Data from Multiple Sources, An overview, Canadian Journal of Remote Sensing, 20 (4): 349-359.

90 Gong, P., 1996, Intergrated Analysis of Spatial Data from Multiple Sources: Using Evidetial Reasoning and An Artificial Network for geological mapping, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 62 (5): 513-523.

91 Gong, P. and Howarth, P. J., 1990, The Impreciseness in Land Cover Mapping, Its Determination, Representation and Application, Proceedings of IGAPSS'90, University of Maryland, USA, pp. 929--932.

92 Gong, P., Miller, J. Spanner, M., 1994, Forest Canopy Closure from Classification and Spectral Unmixing: A Multi--sensorEvaluation of Application to An Open Canopy, IEEE Trans. on Geosci and Remote Sens, 32 (5): 1067-1080.

93 Goodchild, M. F., 1992, Geographical Information Science, International Journal of Geographical Information Systems, 6(1):31-45.

94 Goodchild, M. F., 1995, Future Directions for Geographic Information Science, Geographic Information Sciences, 1 (1): 1-7.

95 Gundavaram, S., 1996, CGI programming on the World Wide Web, O'Reilly & Associates, Inc.

96 HJW & Associates, Inc., 1996, GIS Project Working Handbook (Version 1. 0), Oakland, CA, USA

97 HJW & Associates, Inc., 1997, Proposal for SBIR Phase II, Oakland, CA, USA.

98 HJW & Associates, Inc, 1994, Proposal for EOCAP-NASA Project, Oakland, CA, USA.

99 Healy, R. G., 1991, Database Management Systems, Geographical Information Systems-Principle and Applications, 1, 251-267

100 Hastings, K., 1995, Data Issues in the Asia Pacific Region, GIS World, 10.

101 Hecht, L, 1995, NASA Cooperative Agreements & Internet Grants Foster New Spatial Application, GIS World, Jan.

102 Held, G., 1992, Data Communications Networking Devices, 3rd Edition, John Wiley & Sons, USA.

103 Huxhold, W. E. and Levinsohn, A. G., 1995, Managing Geographic Information System Projects, Oxford University Press, New York, Oxford.

104 Huxhold, W. E., 1991, An Introduction to Urban Geographic Information System, Oxford University Press, New York, Oxford.

105 Hunt, C., 1992, TCP/IP Network Administration, O'Reilly & Associates, Inc., Sebastopol, CA USA.

106 Hunter and M. Goodchild, 1995, Dealing with Errors in Spatial Databases, A Simple case Study, Photogro Mmetric Engineering & Remote Sensing, 61 (5): 529-537.

107 IEEE, 1987, Software Engineering Standards, IEEE Press, New York, NY.

108 IEEE, 1987, Standard for Software Unit Testing, Approved by IEEE Standards Board in 1986, Software

Engineering Standards, IEEE Press, New York, NY.

109 IEEE, 1987, Recommended Practice for Software Design Descriptions, Approved by IEEE Standards Board in 1987, Software Engineering Standards, IEEE Press, New York, NY.

110 Jensen, J. R., 1996, Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective, Prentice Hall, Upeer Saddle River, New Jersey.

111 Johnson, L. and Dyke, S., 1997, Real-world GIS Implementation, GIS World, 2.

112 Kahin, B. and Keller, J., 1995, Public Access to the Internet-A Publication of the Harvard Information Infrastructure Project, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, and London, England.

113 Kottman, C. A. & Buttenfield, B. P., 1994, Standards for Spatial Data Standards, Journal of American Congress on Surveying and Mapping, 21 (3): 7.

114 Lazar, R. A., 1994, Conformance Testing for the Spatial Data transfer Standard, Journal of American Congress on Surveying and Mapping, 21 (3): 7.

115 Langran Gail, 1992, Time in Geographic Information Systems, Taylor & Francis, New York.

116 Levinsohn, A., 1996, What's with Geomatics, Eh?, GIS World, 7.

117 Lillesand, T. and Kiefer, R. W., 1994, Remote Sensing and Image Interpretation, 3rd Edition, John Wiley & Sons, New.