

中国石油大学（华东）

硕士学位论文

数字城市的空间数据库的设计与实现——以“数字东营”为例

姓名：刘娜

申请学位级别：硕士

专业：地球探测与信息技术

指导教师：王永刚;万剑华

20060401

数字城市的空间数据库的设计与实现

——以“数字东营”为例

刘娜（地球探测与信息技术）

指导教师：王永刚（教授）

万剑华（教授）

摘 要

“数字地球”就是对真实地球及其相关现象的统一的数字化重现和认识。数字城市是物质城市在数字网络空间的再现和反映，是以信息（特别是空间信息）为核心、以网络为支撑的城市信息管理与服务体系。“数字城市”是“数字地球”的重要组成部分，是综合运用 GIS、遥感、遥测、网络、多媒体和虚拟仿真等技术，对城市的基础设施、功能机制进行自动采集、动态监测管理和辅助决策服务的技术系统。当前，我国“数字城市”中数据（图形数据和属性数据等）大多以多种格式和多种介质分别分散存储，难以有效满足数字城市管理的信息处理需求。探索如何实现图形数据和属性数据的一体化存储、构建“数字城市”空间数据库，对加快数字城市的发展具有重要作用。

本文研究“数字城市”空间数据库的设计与实现问题，研究以“数字东营”空间数据库建设为背景展开。本文通过对“空间数据”、“空间数据库”的分析，引出了“数字城市”空间数据库的信息需求和功能需求，在此基础上提出了“数字城市”空间数据库的概念设计、逻辑设计和物理设计，并重点介绍了“数字东营”空间数据库的实现技术。该数据库基于 Geodatabase 数据模型，采用 Oracle9i 作为数据库支撑平台，

ArcSDE 作为空间数据库的组织管理工具，使用 ArcCatalog 软件的 Import Feature Class 工具完成数据的载入。通过典型应用验证和展示了“数字城市”空间数据库的设计是合理的、实现是有效的。

本文研究成果为新形势下“数字城市”空间数据库建设探索出了一套先进的思路和做法，尤其在图形数据和属性数据的一体化存储及空间数据库实现方面做了一些有益的尝试。

关键词：空间数据库，数字城市，ArcSDE，Geodatabase，信息系统

The Design and Realization of Spatial Database Based on Digital City --“Digital Dongying” for Example

Liu Na

Directed by Professor Wang Yong-gang

WAN Jian-hua

Abstract

“Digital Earth” is a kind of unitary digital reappear and knowing about of veritable earth as well as interrelated phenomena. “Digital City” is a capital component of “Digital Earth”, and a technique system which carries automatic collection, dynamic monitor and assists decision on basal installation and function of city synthetically use many techniques, such as GIS, RS, remote survey, network, multimedia and virtual emulate. Currently, the Digital City’s data (graph data and attribute data) of China were dispersive kept in multiform and diversiform medium, so that it is difficult to manage these data in Digital City’s information disposition. Exploring how to incorporate keep graph data and attribute data, and how to establish spatial database of “Digital City”, these are very important for the developing of “Digital City”.

In this dissertation, the thesis is the design and realization of spatial database based on Digital City, the building of spatial database of “Digital Dongying” for Example. In this dissertation, we educe the information

requirement and function requirement of spatial database of Digital City through analyzing spatial data and spatial database, based on these, we put forward the conception design, logic design and physics design of spatial database of Digital City, and emphatically introduce the techniques of spatial database of Digital City. The database based on Geodatabase, adopts Oracle9i as platform of database, use ArcSDE as manage tool of spatial database, utilizes Import Feature Class of ArcCatalog to book data. We testify and reveal that the design is rational and the realization is effective of spatial database of Digital City through typical applications.

The achievements of the paper probe an advanced clue and practice for the construct of spatial database of “Digital City” in the new condition, especially, we well try keeping graph data and attribute data in phase, and realizing spatial database.

Key Words: Spatial Database, Digital City, ArcSDE, Geodatabase, Information System

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得中国石油大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

签名： 刘娜 2006年 5月 20日

关于论文使用授权的说明

本人完全了解中国石油大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件及电子版，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部或部分内容，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。

(保密论文在解密后应遵守此规定)

学生签名： 刘娜 2006年 5月 20日
导师签名： 刘剑峰 2006年 5月 20日

第1章 前言

1.1 数字地球的概念

1998年美国副总统戈尔提出的“数字地球”计划为我们展示了更加美好的未来，人类的视野范围不断扩大而信息交流的时空距离在不断缩小，这表明我们已进入历史发展的新纪元——“地球村”时代。

“数字地球”就是对真实地球及其相关现象的统一的数字化重现和认识^[1]。其核心思想是利用数字化的手段来处理整个地球的自然和社会活动诸方面的问题，最大限度地利用资源，并使一个单位、一个部门甚至每一个人能够通过一定方式方便地获得他们所想了解的有关地球的信息^[2]。“数字地球”是以计算机技术、多媒体技术和大规模存储技术为基础，以宽带网络为纽带运用海量地球信息对地球进行多分辨率、多尺度、多时空和多种类的三维描述，并利用它作为工具来改造自然和发展社会经济^[3]。

1.2 数字城市概述

1.2.1 数字城市起源

戈尔提出“数字地球”这一概念，掀起一场数字革命，在中国相继出现“数字中国”、“数字省区”、“数字城市”等，经过近几年的探索与发展已经形成一定的体系结构。明确地将“数字城市”与地理信息系统、遥感技术、计算机技术、网络技术、多维虚拟现实等高新技术和可持续发展决策以及农业、灾害、资源、全球变化、教育、军事等方面的社会

需要联系在一起，在世界范围内开始了一场基于空间数据的信息化建设的革命。

现实城市与数字城市的关系如图 1-1 所示。

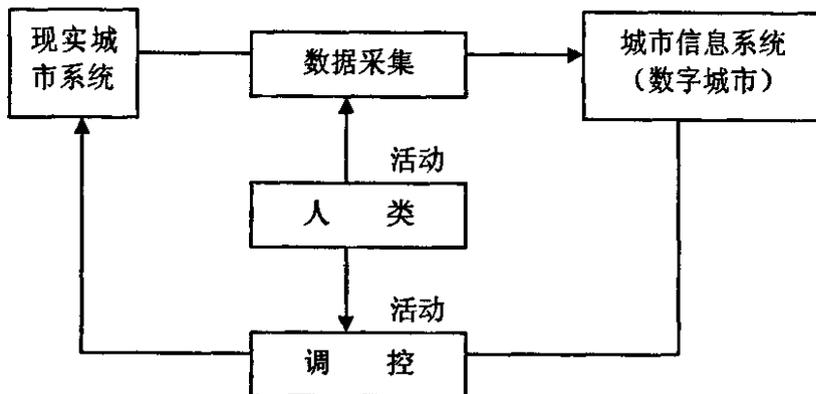


图1-1 现实城市与数字城市的关系

1.2.2 建设“数字城市”的目的及意义

“数字城市”是“数字地球”的重要组成部分，它是综合运用计算机技术、虚拟现实技术、地理信息系统技术、卫星对地观测技术、卫星导航定位技术、卫星通讯技术、数据库技术、计算机互联网技术等，将城市地理、资源、环境、人文、经济、社会 and 居民日常生活等复杂系统进行数字化、网络化，建立能够分类存储、自动处理和智能识别的海量数据库，并可直接用于城市规划、建设、管理、服务和居民日常生活的综合信息服务^[4]。

“数字城市”建设，在广义上指城市信息化，是指将有关城市的信息，包括城市的自然资源、社会资源、基础设施、人文、经济等各个方面，以数字的形式进行获取、存储、管理和再现，通过对城市信息的综合分析和有效利用，为提高城市管理效率、节约资源、保护环境和

城市可持续发展提供决策支持。

城市历来是国民经济和社会发展的焦点和中心。当前一个以数字城市为旗帜的城市信息化运动正在全国范围内迅速展开。数字城市建设的任务就是利用现代高科技手段，充分采集、整合和挖掘城市各种信息资源（特别是空间信息资源），建立面向政府、企业、社区和公众服务的信息平台、信息应用系统以及政策法规保障体系等。

“数字城市”包括大部分要素的数字化、网络化、可视化和智能化全部过程。它将全市各部门、各行业、各领域的信息通过数字化和计算机处理，并最大程度地集成和共享，利用各类信息源，以宽带网络为纽带，快速、完整、便捷地提供各种信息服务，实现国民经济和社会信息化。

1.3 “数字城市”基础框架

数字城市是物质城市在数字网络空间的再现和反映，是以信息（特别是空间信息）为核心、以网络为支撑的城市信息管理与服务体系。地理空间基础框架则是数字城市的核心组成部分之一，它为城市发展和信息化建设提供统一的空间定位与基础地理信息公共平台，进而实现城市信息资源按照地理空间位置的整合和共享。

城市地理空间基础框架建设的总体目标为，充分运用遥感、GPS、GIS 和计算机网络等技术，制定相应的政策法规和标准体系，建设多尺度、多分辨率、多种类的城市空间数据体系，构建统一的城市地理空间基础平台，从而为城市政府、企业、社区和公众提供高质量的基于空间位置的应用服务。

1.3.1 城市宽带网络

随着因特网在中国的飞速发展，上网正在成为日常生活中必不可少的一个重要方面，网络生活正处于蓬勃发展之际。数字城市的建设离不开城市宽带网络的普及建设，建设高速骨干网络、提供用户宽带方式接入已经变的越来越迫切。

东营市先期已经建立起全市范围内的宽带网络，覆盖市区、县区、油区，通联各行各业，各个部门。高速、稳定的现代化宽带网络为数字城市的建设奠定了良好的网络基础。

1.3.2 “数字东营”基础空间框架

空间资源具有数据种类、尺度、源点、应用等多种特征，因此关键的任务是综合数字化城市的核心需求，确定城市共享与交换的空间基础框架。

“数字东营”基础空间框架，是指城市基础地理信息，主要包括 1:10000、1:5000、1:2000、1:1000、1:500 基础图所包含的内容，以及各种分辨率的城市遥感影像图等。“数字东营”空间基础框架分为全市空间基础框架和分县市空间基础框架。

“数字化东营”基础空间框架，按照地理要素分为以下特征类：

- 测量控制点
- 居民地和垣栅
- 工矿建构物及其它设施
- 交通及附属设施
- 管线及附属设施

- 水系及附属设施
- 境界
- 地貌和土质
- 植被
- 注记

1.4 论文研究的背景

随着全球信息化、经济一体化的不断发展，测绘在国家信息化、经济建设和社会可持续发展中发挥着越来越重要的作用。发达国家按其自身政治、经济、军事的需要提出“数字地球”战略，联合国也组织开展“全球测图计划”，测绘技术体系伴随着计算机技术、信息技术、对地观测技术和网络技术等日新月异的发展发生着深刻的变化，以卫星定位系统（GPS）、遥感（RS）、地理信息系统（GIS）、计算机网络技术为主体的全数字化测绘技术体系代替了传统的模拟测绘技术体系，从而大大提高了测绘工作的效率，缩短了生产周期，改变了测绘成果的形式和服务模式。

以数字高程模型（DEM）、数字正射影像图（DOM）、数字栅格地图（DRG）、数字线划图（DLG）数据（简称“4D”产品）为代表的基础地理信息数据的生产已成为各城市测绘部门以后的主要任务。同时，由于地理信息的区域性、分布性、共享性和综合性的特征，每个应用部门都需要一些基本的地理信息，使GIS应用正在从专业部门走向全社会^[5]。为了更好地促进全市的发展和经济建设服务，建立能提供数据的存储、查询、出图和分发服务，具有空间数据共享的分布式管理模式以及可靠的、安全机制的基础地理信息数据库是十分必要的。

近年来,城市面貌发生了巨大的变化,同样也面临着交通改善、环境保护、资源开发、城市基础设施改造等一系列问题。随着城市功能的全面调整和城市建设的迅速发展,在全市范围内,工程项目大幅度增加,城市规划管理中的各类数据、图件和文档资料也急剧增加,传统的管理手段和人工作业方式在时效性、准确性、科学性和工作效率等方面已不能适应目前的需要^[6]。随着“数字东营”工程的正式启动、社会对基础地理信息需求量的加大,正式启动东营市空间数据库的建设已经成为必然,通过空间数据库的建立,能在比较短的时间内使政府和社会各界能够充分利用各种基础地理信息产品,为工程建设和政府决策服务。

1.5 研究内容与方法

1. 建立地理空间数据组织标准。

为了保证数据的共享,标准化是关键,因此需建立和国家标准统一的适应“数字东营”需要的数据标准和法规体系。标准化体系^{[7][6]}应包括从数据采集、处理、质量检查、转换、建库、更新、维护、分发各个环节的一整套规范与标准。标准等的研究与制定,既要遵守国家、行业已有的标准、规范和规程,同时,又要结合信息化建设的实际情况和行业管理的实际需要,充分考虑标准的实用性、先进性、扩充性和前瞻性^{[9][10]}。

空间数据标准主要分为以下几部分:空间数据的采集标准,包括数据来源、分类与编码以及数据输入方法3个方面;空间数据质量控制标准;空间数据的元数据标准;空间数据共享与交换(转换格式)标准等。通过数据标准,对空间数据进行规范化,将整个数据库的信息纳入统一管理之下,有助于实现数据库的合理建设和系统资源的充分利用。

2. 管理平台和数据更新问题

主要实现的功能包括：空间基础数据的更新；空间基础数据的交换共享；应用部门的后台管理，主要包括权限管理和维护等。数据更新有两种方式^{[1][2][13]}：一是不定期的更新，另一是实时更新。

3. 数据库的建立

最初收集数据，编制数据检查技术规定；然后，进行数据入库前检查的工作；按照规范化的信息分类标准整合数据；建立包括元数据库、影像数据库、DEM数据库和矢量数据库的数据库。

1.6 论文的组织 and 安排

论文共分六章，研究内容按下列章节组织：

第1章为前言。阐述了数字地球、数字城市的概念，数字城市的起源，建设“数字城市”的目的和意义，数字城市基础框架，就论文的研究背景，确定了论文的研究目标、研究内容与方法。

第2章为空间数据库。阐述了空间数据的概念及特征，空间数据库的概念及特征，分析了空间数据库的研究现状及研究意义，阐述空间数据库的建设。

第3章为空间数据库系统的设计。本章主要阐述了四大部分，第一部分为空间数据库的概念设计；第二部分为空间数据库的逻辑设计；第三部分为空间数据库的功能设计；最后一部分阐述了空间数据库的用户界面设计。

第4章为空间数据库系统的实现。本章阐述了“数字东营”空间数据库的建设目标和任务，系统的硬件结构，空间数据库的实现技术，空间数据采集建库。

第 5 章为研究实例。介绍了空间数据库系统的开发，包括体系结构，数据库建设的流程；介绍了空间数据库平台的建设，包括空间数据库管理平台，空间数据库建模平台，空间数据库建库平台，空间数据库发布平台；进行了应用事例分析。

第 6 章为结论和展望。对全文作一个全面总结，即做了哪些研究内容，及取得了哪些开创性的研究成果，同时对以后的研究方向提出一些建议。

1.7 本章小结

本章阐述了“数字地球”的定义，建设“数字城市”的目的、意义和基础框架，阐述了论文的研究背景，在此基础上提出了本文的研究内容与方法。

第2章 空间数据库

2.1 空间数据及其特征

2.1.1 空间数据

空间数据 (Geospatial data) 用于确定具有自然特征或者人工建筑特征的地理实体的地理位置、属性及其边界的信息^[14]。

在地理信息系统中, 有关空间目标实体的描述数据可分为三种类型: 空间特征数据、时间属性数据和专题属性数据^[16]。对于绝大部分地理信息系统的应用来说, 时间和专题属性数据结合在一起共同作为属性特征数据, 而空间特征数据和属性特征数据统称为空间数据或地理数据。

空间特征数据记录的是空间实体的位置、拓扑关系和几何特征, 这是将地理信息系统同其它行业的各种数据库管理系统区分开的标志。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。

时间属性是指地理实体的时间变化或数据采集的时间等, 严格地讲, 空间数据总是在某一定时间或时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; 有些时候, 时间可以被看成一个专题特征。

专题属性指的是实体所具有的各种性质, 如年降雨量、植被类型或土壤类型等。专题属性通常以数字、符号、文本和图像等形式来表示。

2.1.2 空间数据的特征

空间数据一般具有三个基本特征^{[16][17]}：

1. 属性特征（非定位数据）

表示实际现象或特征，例如变量、级别、数量特征和名称等等。

2. 时间特征（时间尺度）

指现象或物体随时间的变化，其变化的周期有超短期的、短期的、中期的、长期的等等。空间数据库建库过程中，需要考虑空间数据的时效性，尽量采用现势性强的数据。

3. 空间特征（定位数据）

是空间数据独有的，指的是空间对象的位置、形状、大小等几何特征以及与相邻地物之间的拓扑关系。空间特征又称为几何特征或定位特征，包括比例尺、坐标系和投影类型等，它们也是空间数据库的宏观定义，建立空间数据库时必须着重考虑。

2.2 空间数据库及其特征

2.2.1 空间数据库

空间数据库指的是GIS在计算机物理存储介质上存储的与应用相关的地理空间数据的总和^[18]。空间数据库是空间数据库系统的简称，是存储在一起的空间数据有机集合，包括空间数据库、空间数据库管理系统和空间数据库应用系统^[19]，是地理信息系统中空间数据的存储场所。它是3S技术、数据库技术、网络技术为基础，对空间数据进行管理的技术体系^[20]，主要包括3S数据存储结构、空间数据索引、使用标准及运行模式等方面的技术内容。

2.2.2 空间数据库的特征

空间数据库除了一般的数据特征之外，还具有一些区别于其他一般数据库的特征，主要有如下七个方面：

1. 空间特征

空间特征是空间数据最主要的特征，它描述了空间物体的位置、形态，甚至描述了物体的空间拓扑关系。例如，描述一条河流，一般数据侧重于河流的流域面积、水流量、枯水期等；而空间数据侧重于描述河流的位置、长度、发源地等和空间位置有关的信息，复杂的还需要处理河流与流域内河流间的距离、方位等空间关系。

2. 抽象特征

空间数据描述的是真实世界所具有的综合特征，非常复杂，必须经过抽象处理。在不同的抽象中，同一的自然物可能会有不同的语义。

3. 空间关系特征

空间数据记录了拓扑数据结构表达的多种空间关系。这种拓扑数据结构一方面方便了空间数据的查询空间分析，另一方面也给空间数据的一致性和完整性维护增加了复杂程度。

4. 多尺度和多态性

不同观察尺度具有不通的比例尺和精度，同一地物在不同的情况下会有形态差异。例如，任何城市在地理空间都占据一定范围的区域，可以被看作面状空间对象。在比例尺较小的GIS数据库中，城市是作为点状空间对象来处理的。

5. 非结构化特征

空间数据不能满足关系数据库的“结构化”要求。若将一条记录表达成一个空间对象，它的数据项可能是变长的。如1条弧段，其长度是

不可限定的，可能是2对坐标，也可能是10万对坐标。

6. 分类编码特征

每一个空间对象都有一个分类编码，而这种分类编码往往是属于国家标准或行业标准，每一种地物的类型在某个GIS种的属性项个数是相同的。在多种情况下，一种地物类型对应于一个属性数据表文件。

7. 海量数据特征

空间数据量是巨大的，通常称海量数据。一个城市的GIS数据量可能达几十个GB，如考虑影像数据的存储，可能达几百个GB甚至TB级。这样的数据量在通常的数据库中是非常少见的。

2.3 空间数据库的研究现状

地理信息系统经过这些年的发展，二维空间数据技术已相当成熟，但人们是生活在三维空间的，如果把时间也算上，则是生活在四维空间中。目前，GIS软件与大型商用关系型数据库管理系统（RDBMS）的集成采用空间数据引擎来实现。使用不同GIS厂商数据的客户可以通过空间数据引擎将自身的数据提交给大型关系型DBMS，由DBMS统一管理；同样，客户也可以通过空间数据引擎提供的用户和空间数据库之间的数据接口，从关系型DBMS中获取其它类型的GIS数据，并转化成客户可以使用的方式。

传统的空间数据往往采用文件方式，随着技术的进步，逐渐将属性数据移植到数据库平台上；随着技术发展，图形数据也可以和属性数据一起存放在关系数据库中。文件方式对数据管理安全性较差，存在着属性和图形分开管理的问题，不适合网络共享发展的需要；数据库方式则实现了空间数据和属性数据一体化存储和管理，便于开发两层、三层甚

至多层网络应用系统。从发展趋势来看，纯关系数据库方案取代文件方案是发展的必然趋势，这也是 IT 发展的主流趋势^[21]。

空间数据库技术发展呈现出三个突出特点：DBMS 要求具有高可靠性、高性能、高可伸缩性和高安全性；数据库系统运行在互联网环境下，要实现不同数据库间的数据交换和共享；满足应用需求，协同发展数据库套件与应用构件。

空间数据库是在数据库基础上发展起来的，因此它的建立离不开数据库。目前数据库领域采用的数据模型有：层次模型、网络模型、关系模型和面向对象模型。其中基于关系模型的数据库系统最为成熟，作为新兴的面向对象模型，它的技术也有了很大的发展。

对手存储和管理对象为空间数据的地理信息系统，面向对象模型的数据库系统显然更适合作为存储地理空间数据的系统。面向对象的存储方式可以提供对空间对象的抽象、继承、聚集等方法，用户不仅能直接把自定义的空间实体对象直接存入数据库，而且可以同时存储对象之间的嵌套、关联关系。但是从现实角度来看，面向对象数据库的技术还不够成熟、实现代价高。

因此，基于现在的数据库技术，空间数据库建立多采用关系型数据库。不过，关系型数据库在效率、数据语义、扩充等方面仍显得不足。为了使通用的关系型数据库管理系统能够处理非结构的空数据，目前许多关系型数据库系统都进行了扩展，可以直接存储非结构的数据，如 Oracle、SQL Server 等，用户定义的空间对象以二进制块的方式存储。由空间数据引擎负责进行空间对象和二进制块之间的转换操作。

这就是目前普遍应用的对象—关系型数据库，这种数据库既非纯面向对象的数据库也非纯关系型数据库，而是两者的组合，它能存储数据、

数据间的关系以及数据的操作集。这种数据库不仅兼容纯关系型数据库的数据，而且支持面向对象数据模型，支持 SQL 标准语句，并在标准 SQL 语句的基础上增加了对空间数据的扩展，利用对象模型的智能性对非结构化的空间数据处理，减少了人为的干涉与参与，实现了对象操作和关系操作的优势结合。

2.4 空间数据库的研究意义

随着计算机技术和信息技术的迅速发展，信息化已经成为不可阻挡的潮流。空间数据库作为 GIS 的重要组成部分对信息进行管理，其发展备受重视，专家学者对空间数据库技术进行了深入的研究和探索。

空间数据库技术是 GIS 基础和核心^[22]。由于空间数据非常复杂，使 GIS 理论研究与软件开发的难度很大，至今还没有一种数据库技术有能力把 GIS 空间数据的管理、分析、显示和传输都表示得很好。因此对空间数据库技术的认识和研究在设计发展新一代 GIS 系统的过程中起着关键作用，建立一种有效的空间数据模型是 GIS 领域的主要研究方向之一。

2.5 空间数据的建设

2.5.1 空间数据库组织

基础空间数据库按照 Oracle Spatial 图属一体化格式组织，存储在对象关系数据库 Oracle 中。基础空间数据库是利用“数据转换系统”，在 Oracle 对象关系数据库中先建立基于 Oracle Spatial Professional 平台的空间数据模型，然后将基础 GIS 数据库中的 ARCINFO 工程图形数据和属性数据转换到 Oracle 中而建立的。

2.5.2 空间数据库转换

ARCINFO 特征模型同基于 Oracle Spatial 的 Oracle Spatial 特征类模型的映射。相同属性结构及存储的 ARCINFO 特征，被映射成一个 Oracle Spatial 数据库的特征类，建库规则中的子特征被定义成区分特征的编码，以便于同政府等支持子特征类型（subtype）的数据转换，以及实现空间数据的符号化等。

类型转换：从 ARCINFO 数据库到 Oracle Spatial 数据库经历元素类型的转换，对于单一点、线、面元素，转换后的类型保持不变；对于非单一类型的元素，则转换为复合类型。

文本类型转换：文本类型则按照 Oracle Spatial 文本特征类转换为文本复合类型。

2.5.3 数据库单元存储方案

一体化的综合数据库存储方案。便于发展成东营市 GIS 数据库、多种类、多尺度综合数据库存储方案。

基础 GIS 数据库，指以地形图为基础的 4D 产品数据库。本系统基础空间数据库采用 Oracle 空间数据模型组织，可满足基于 Intranet 的异构、分布式 GIS 查询、统计和分析，以及基础 GIS 数据的网上发布等应用。

专题图纸资料数据库，是管线及其他市政工程竣工图单体图、照片等管线及其他市政工程的非地理资料数据库。

地理历史数据版本数据库，是为进行地理及资料更新而设计的专项数据库，存放了地理历史数据及其数据版本。

2.6 本章小结

本章主要阐述了空间数据的概念、特征，空间数据库的概念、特征，空间数据库的研究现状以及研究意义，空间数据的建设等。

第3章 空间数据库系统的设计

空间数据库的设计的实质是将地理空间客体以一定的组织形式在数据库系统中加以表达的过程，也就是 GIS 中空间客体数据的模型化问题。空间数据库系统设计的主要任务是确定空间数据库的数据模型以及数据结构，并提出数据库相关功能的实现方案。

在设计“数字东营”空间数据库时，我们采取了以下五个步骤：空间数据需求分析；定义实体及其关系；实体空间类型的识别表达；选择适当的数据模型；组织空间数据集。其中，前三步称为概念设计，后两步称为逻辑设计。

3.1 空间数据库的概念设计

3.1.1 空间数据需求分析

空间数据需求分析包括三个步骤：一是用户需求调查；二是分析空间数据现状；三是系统分析。各个步骤又包含一些具体的工作，如图 3-1 所示。

其中，用户需求调查在空间数据需求分析中具有重要地位。建立空间数据库是为了用户更好地利用和共享空间数据资源，而用户对空间数据及其处理方法的需求多种多样，繁琐复杂的空间数据处理工作希望能通过空间数据库给予有效、灵活和经济的解决，这就需要全面调查和分析用户对空间数据及数据处理的需求。用户需求调查方法通常采取与 GIS 用户面对面讨论的形式为主，调研的最终结果是提交一份全面和完整的书面报告。

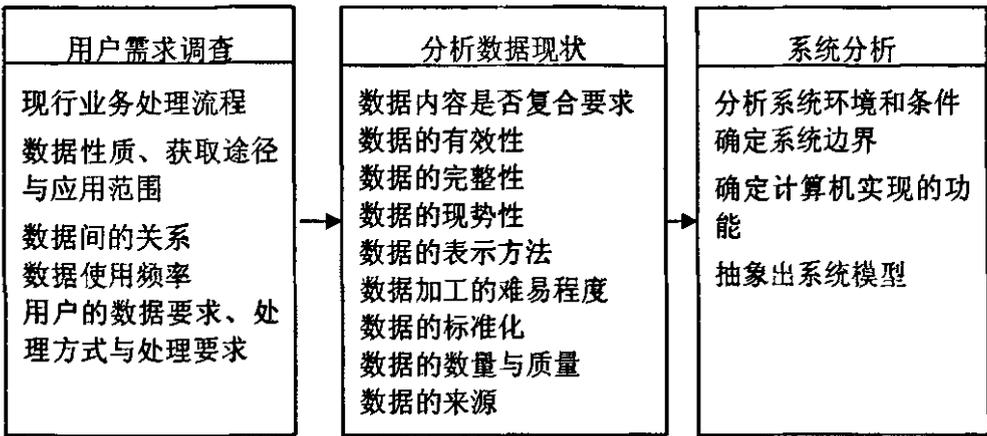


图 3—1 空间数据需求分析示意图

3.1.2 空间数据库的概念模型设计

数据库概念模型是对数据库所管理的各种数据的综合型描述，利用归类、综合、抽象等建模方法，可以用数学建模的方法描述现实世界，该概念数据模型不依赖于任何数据库软件。数据库概念模型要描述实体类型（如河流、公路、建筑物等）、实体的属性（如公路的编号、等级、路宽等）和实体间的关系（如公路的交叉、公路与涵洞的关系、公路与桥梁与河流的关系等）。数据库概念模型是数据库的全局逻辑数据视图，是数据库管理员所看到的实体、实体属性和实体间的联系。概念模型设计任务：概念数据库模式设计；事务设计^[23]。

数据库概念模型的设计有多种方法，如面向对象分析法（OOA），扩展实体关系建模法（EER），还有数据流程图设计方法（DFD）等^{[24][25]}。空间数据库的概念模型设计主要采用空间 E-R 方法来进行，如图 3—2 所示。

根据基础地理信息数据所描述的地形地物特征，可以推导出东营市的综合性的数据概念模型（简化图），如图 3—3 和图 3—4 所示。

3.2 空间数据库的逻辑设计

数据库逻辑设计的任务是把数据库概念设计阶段产生的概念数据库模式变换为逻辑数据库模式。数据库逻辑设计依赖于逻辑数据模型和数据库管理信息系统。

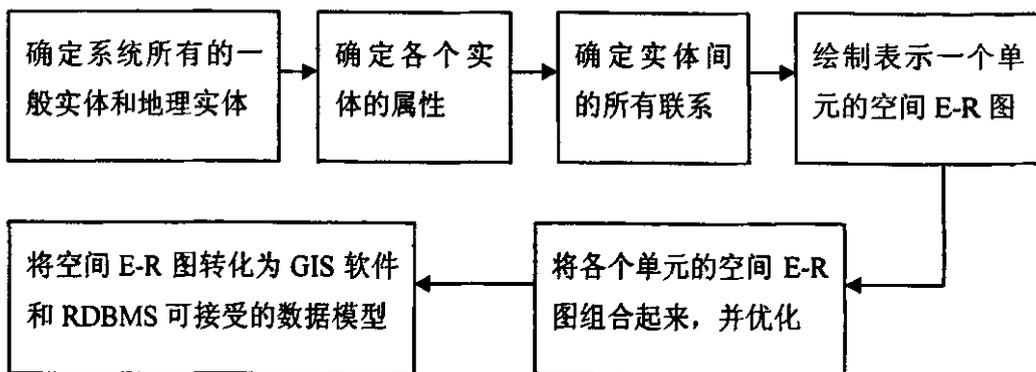


图 3-2 用空间 E-R 方法建立空间数据库的概念模型

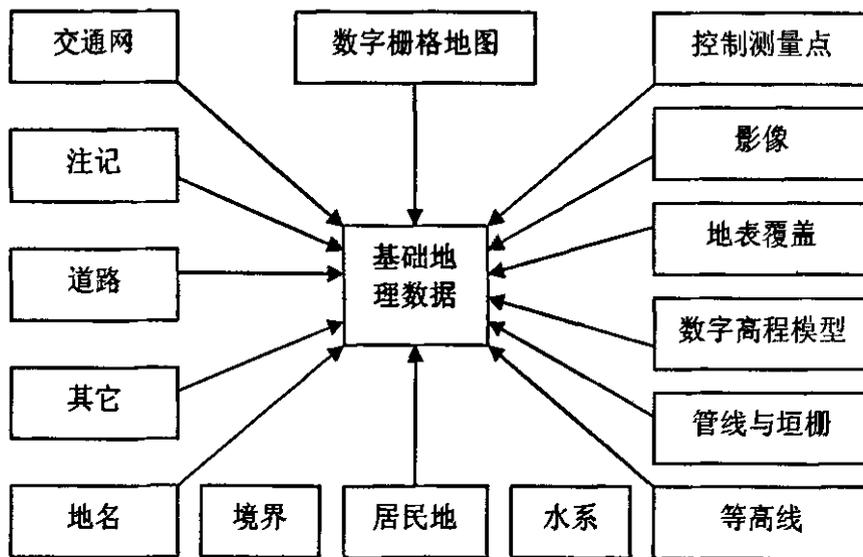


图 3-3 “数字东营”的基础地理信息数据库概念模型示例

3.2.1 传统数据模型

传统数据模型分为：层次模型、网络模型、关系模型^[26]。三者的比较如表 3-1 所示。

传统数据模型在数据库发展中起了重要作用，但仍然存在许多不足，概括为：

- 以记录为基础的结构不能很好地面向 用户和应用。
- 不能以自然的方式表示客体之间的联系。
- 语义贫乏。
- 数据类型太少难以满足应用需要。

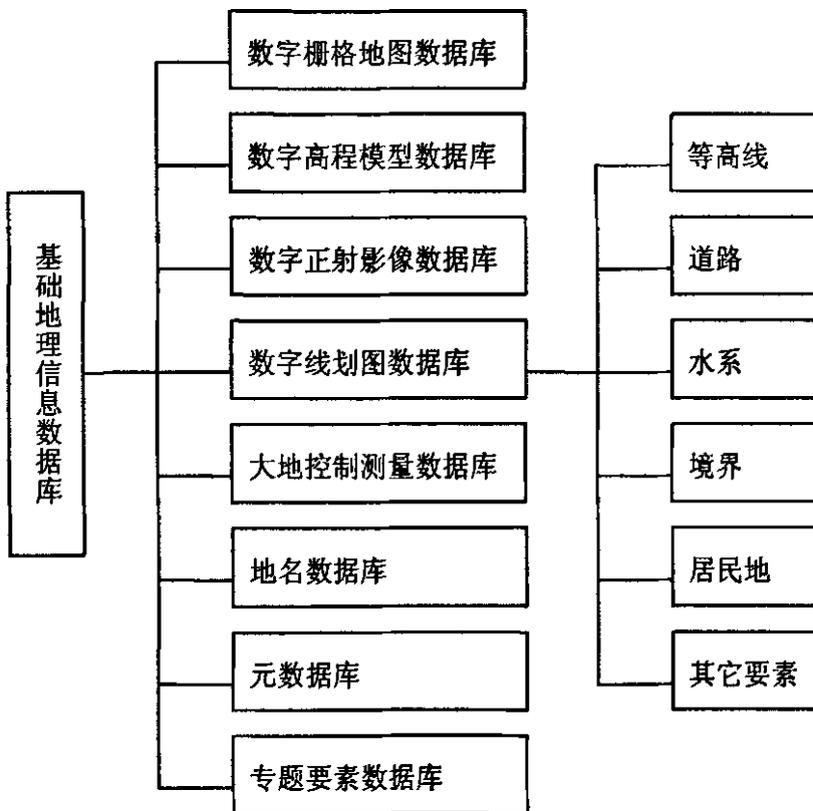


图 3-4 “数字东营”的基础地理信息数据概念模型示意图

标 3—1 三种传统数据模型的比较

数据模型	优点	缺点
层次模型	1. 结构清晰，较容易实现 2. 易于理解、更新与扩充 3. 通过关键字数据访问易于实现 4. 事先知道全部可能的查询结构，数据检取方便 ^[27]	1. 不能表示多对多的联系，难以顾及数据共享和实体间的拓扑关系，数据冗余度大 2. 大量索引文件需要维护 3. 访问限于自上而下的路径
网络模型	1. 可以表示多对多的关系，冗余度较小 2. 空间特征及其坐标数据易于连接 3. 避免数据冗余，已有数据可充分使用	1. 采用循环指针来联系结点，结构复杂，难以修改和维护，更新较为困难 ^[28] 2. 间接的指针使数据库扩大，在复杂的系统中可能占据数据库的很大部分
关系模型	1. 结构简单灵活，数据修改和更新方便，容易维护和理解 2. 可以满足布尔逻辑和数学运算表达的各种查询需求 3. 允许对各种数据类型的搜索、组合和比较 ^[29]	1. 难以处理复杂的目标，效率、数据语义和目标标识等方面还有不足 2. 为了找到满足指定关系要求的数据，许多操作涉及对文件的顺序搜索，对大型系统而言很费时间

3.2.2 面向对象数据模型

面向对象数据模型吸收了传统数据模型和语义数据模型的优点，同时具有面向对象的特征。面向对象数据模型具有如下特点^{[30][31]}：

- 支持复杂对象：具有对简单对象运用各种构造符组成复杂对象的能力；

- 具有对象标识：对象独立于它的值的存在；
- 具有封装性：数据库对象中既封装数据又封装程序，从而达到信息隐蔽，同时也实现逻辑数据的独立性；
- 支持类型和类的概念，类型概括了具有相同特性的一组对象的共同特性；
- 支持类或类型的层次结构，具有继承关系；
- 允许重载，即将同一名字用于不同类型的数据操作；
- 通过与现有程序设计语言的合理连接达到计算完备性；
- 具有扩充性。

3.2.3 空间数据模型

1. 混合数据模型

混合数据模型指在空间数据库建设中，采用将空间图形数据和相关联的属性数据分离开来管理的模式，空间数据与属性数据通过关键字连接。该模型使用方便、实现起来较为简单，是目前使用较为广泛的一种空间数据模型。

2. 全关系型空间数据模型

空间数据和属性数据都采用关系模型进行设计，建立全关系型空间数据库管理系统。

3. 对象-关系型空间数据模型

在关系型数据库中扩展，通过定义一系列操作空间对象（如点、线、面等）的 API 函数，来直接存储和管理非结构化的空间数据库管理模式。

4. 面向对象空间数据模型

面向对象数据模型不仅支持变长记录，而且支持对象的嵌套、信息

的继承等，面向对象的空间数据库管理系统还允许用户定义对象和对象的数据结构以及它的操作^[32]。与面向对象的程序设计语言紧密结合，容易被熟悉面向对象语言的开发设计人员所接受，具有较高的执行效率。缺乏数据库基本特性，尤其是缺乏与 SQL 兼容的查询功能，在安全性、完整性、并发控制、开发工具等方面也比关系数据库产品差^{[33][34]}。

3.2.4 “数字东营”的逻辑模型

“数字东营”的数据库软件选用 Oracle+ArcSDE，根据其特点，东营市基础地理数据库的逻辑模型设计结构如图 3-5 所示。

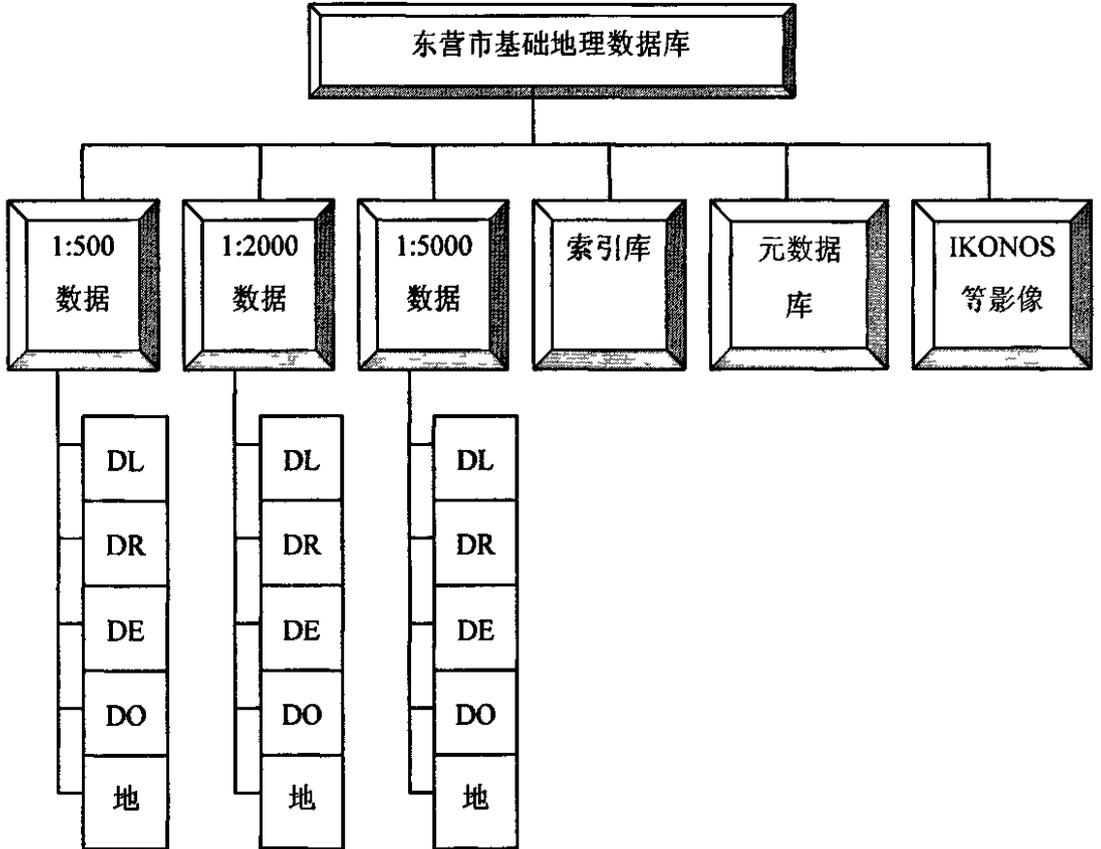


图 3-5 “数字东营”的基础地理信息数据库逻辑模型

“数字东营”的数据库的逻辑结构设计具体如下:

1. 建立一个 Oracle 数据库,命名为“东营市基础地理信息数据库”。
2. 在该数据库内分别建立相应的几个表空间。名称分别为:

五百表空间

二千表空间

五千表空间

IKONOS 影像表空间

.....

3. 在每个表空间下分别建立不同类型的表,以对应不同的数据类型。

表命名规则: XXXXX_XX

其中,前五位表示数据名称。如:“TERLK”表示等高线,“GPSRD”表示车载数据,“PNAME”表示地名数据;第七、八位表示数据类型,如“Pt”表示点,“Pl”表示线,“Pg”表示面,“An”表示注记,对于栅格数据用“Un”表示。如表 3-2 所示。

4. 表结构设计

1) Feature Dataset 类型,使用生产时定义的数据类型和结构。

2) Raster Dataset 类型。

①DEM 表结构,如表 3-3 所示。

②其他数据表结构,如表 3-4 所示。

③代码表机构,如表 3-5 所示、

3) 元数据索引表。

①遥感影像数据,如表 3-6 所示。

②标准图幅数据,如表 3-7 所示。

表 3-2 各表空间命名

表空间	表名	备注	类型
二千表空间 (五百、五千同 样)	HYDNT_Pt	水系(点)	Feature Dataset
	HYDNT_Pl	水系(线)	
	HYDNT_Pg	水系(面)	
	RESNT_Pt	居民地(点)	
	RESNT_Pl	居民地(线)	
	RESNT_Pg	居民地(面)	
	RSDEM_Un		Raster
	RSDRG_Un		Dataset
	APDOM_Un		
	GPSRD_Pt		Feature
	GPSRD_Pl		Dataset
	PNAME_Pt		
	代码表		Relation Dataset
	元数据索引表		Table
IKONOS 影像表 空间	SPDOM_Un		Raster Dataset
	元数据索引表		
QUICKBIRD 影 像表空间	TMDOM_Un		Raster Dataset
	元数据索引表		

表 3-3 DEM 表结构

字段名	类型	长度	备注
ObjectID	Integer	系统自定	
Value	Double	8	
Count	Integer	15	

表 3-4 其他数据表结构

字段名	类型	长度	备注
ObjectID	Integer	系统自定	
Value	Integer	5	
Count	Integer	15	

表 3-5 代码表结构

字段名	类型	长度	备注
代码	String	6	
名称	String	60	

表 3-6 遥感影像数据索引表结构

字段名	类型	长度	备注
景号	String	15	
路径	String	15	

3.3 空间数据库的功能设计

3.3.1 空间数据库的功能设计

“数字东营”空间数据库的功能设计主要包括如下五个方面^[16]：

1. 空间数据输入设计

空间数据的输入图形数据的输入和属性数据的输入。空间数据输入设计应遵循的原则：良好的交互性；允许用户进行简单的数据编辑；提供恢复功能；对于表格数据的输入，要提供缺省值、输入格式、有效性检验等功能。

表 3-7 标准图幅数据表结构

字段名	类型	长度	备注
图号	String	15	
DLG	String	30	
DRG	String	30	
DOM	String	30	
DEG	String	30	
CZhai	String	30	
DMIng	String	30	

2. 空间数据检索设计

为了从空间数据库中快速高效地检索出所需要的数据，根据 GIS 应用的实际要求，用 SQL 语言、扩展 SQL 语言和具有检索功能的 GIS 命令来实现。空间检索是目前空间数据检索研究的热点，最常见空间数据检索是基于拓扑关系（包括邻接、关联、包含等）的空间检索。

3. 空间数据输出设计

按实际应用的要求和可视化原则，将 GIS 操作和分析的结果展示在屏幕上或打印到图纸上的过程。

4. 空间数据更新设计

空间数据更新设计是 GIS 空间数据库设计的重要内容。随着 GIS 应

用的深入，数据成为制约 GIS 发展的瓶颈，因此，迫切要求数据获取手段和数据更新手段不断得到完善。

5. 空间数据共享设计

空间数据共享是 GIS 界一直关心的问题，目前尚未完全解决。影响空间数据共享的有技术因素，即数据的规范化与标准化，也有非技术因素。

空间数据共享的途径：数据转换；基于元数据的空间数据网络查询和应用；GIS 互操作。“数字东营”的基础地理信息数据库的系统功能结构如图 3-6 所示。

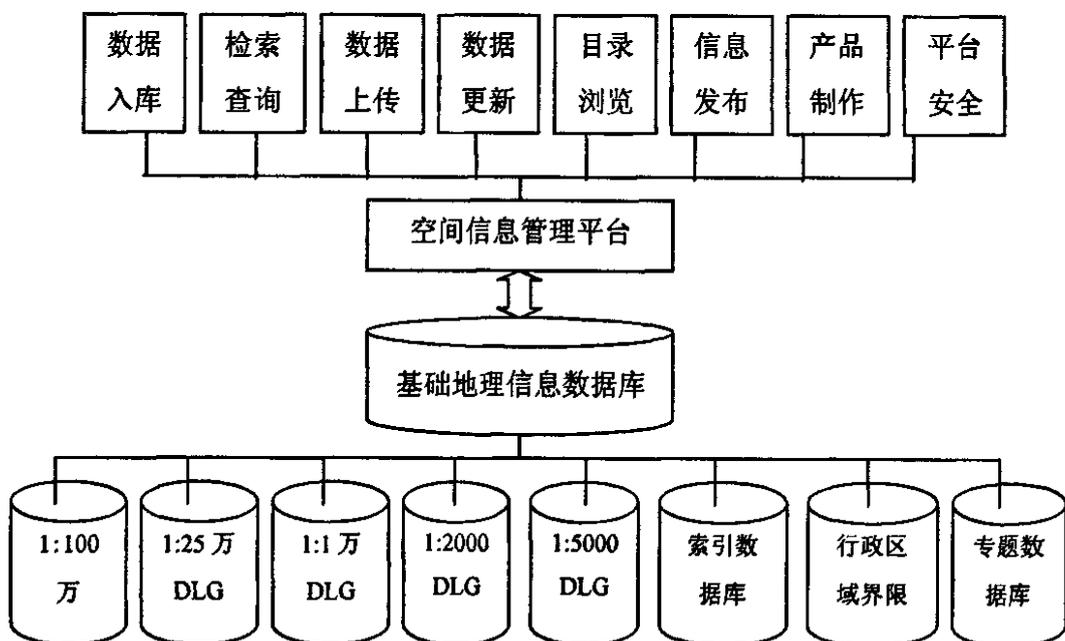


图 3-6 系统功能结构图

3.3.2 “数字东营”的数据库的功能设计

根据用户需求分析和数据库建设目标，对建成的数据库我们进行了

下列功能设计和开发：

1. 数据库的安全功能

该功能主要是完成：用户管理，添加、删除用户及密码；密码管理，更改、删除密码；管理权限，设置用户权限，权限不同的用户对数据库是具有读、写、修改、下载、上载的权限；数据库管理，数据库定期备份、恢复，数据库环境的设置和管理。

2. 数据入库一致性检测功能

该功能是通过用户设置一定的约束条件，将符合条件的数据导入到数据库中，对不符合条件的数据则提交错误报告。主要一致性检测的方面有：

- 图层完整性检测：对于大批量结构相同的数据，入库前检查是否具有必须具有的层，层名是否正确；
- 属性字段有效性检测：检测每层的字段的结构是否合乎数据库设计的要求，字段的名称、类型、长度是否达到要求；
- 编码的规范性检测：对每个图层的要素代码设定固定的值或一定范围的值，具有该范围内值的要素被认为有效，否则提交用户错误报告。

3. 数据库的查询和检索功能

根据空间目标查询属性：点查询，单地物点查询，矩形查询，圆查询，多边形查询；数据库的索引：DEM、DOM、DRG、DLG、地名库具有图幅索引表，便于快速检索数据库；根据属性查询空间位置：查找，扩展SQL查询；空间关系查询：落入查询，穿越查询，包含查询，邻接查询，缓冲区查询；量算：长度、面积的量算。

4. 数据库的图形显示功能

缩放：拉框放大，中心放大，中心缩小，全屏显示；漫游：手动漫游（鼠标控制，键盘控制）；控制显示：要素控制显示，比例尺控制显示；调图显示：按行政区调图，按地名调图，按图幅调图；各类数据的叠加混和显示。

5. 数据库的数据提取功能

数据提取是数据库所要具备的基本功能，是根据用户的需求，将选择的数据（包括矢量、影像和元数据）提取出不同范围、不同格式、不同投影的数据。提取方式包括：指定块或层；指定矩形区域；指定任意多边形区域给定属性条件。

6. 数据库的统计分析功能

位置、长度、面积量算；区域要素统计分析；场地平整填挖分析；坡度、坡向、可视性统计分析。

7. 数据库的数据分发和产品制作功能

基于 Internet 的数据发布；数据库的绘图输出；数据库的数据转出。

8. 坐标换算功能

数据库提供常用投影之间的转换；数据库提供数据坐标系统之间的转换。

3.4 空间数据库用户界面设计

系统界面应根据数据管理和数据查询等业务流程、使用特点等进行设计，界面要友好、方便、高效，采用最流行计算机软件界面设计方法和表达形式，为使用者创作良好工作环境。系统应提供一体化的全中文数据管理和数据查询界面，统一规范的工作流程和数据流程，集成稳定

的运行平台，并能实现跨平台的数据存取操作^[34]。

作为数据库系统的主界面，既是数据管理者对数据进行加工、入库、查询、管理的主控程序，也是用户进行数据检索和数据浏览的窗口。系统应具有良好的图形化工作界面和高效的作业手段，不仅要提供对全部数据的管理和调度，而且还要提供一定的数据加工功能，特别是要具备能对所有数据进行快速检索和浏览的能力^[35]。

“数字东营”的主界面如图 3-7 所示，公众服务的界面如图 3-8 所示，走进东营的界面如图 3-9 所示。



图 3-7 “数字东营”的用户主界面

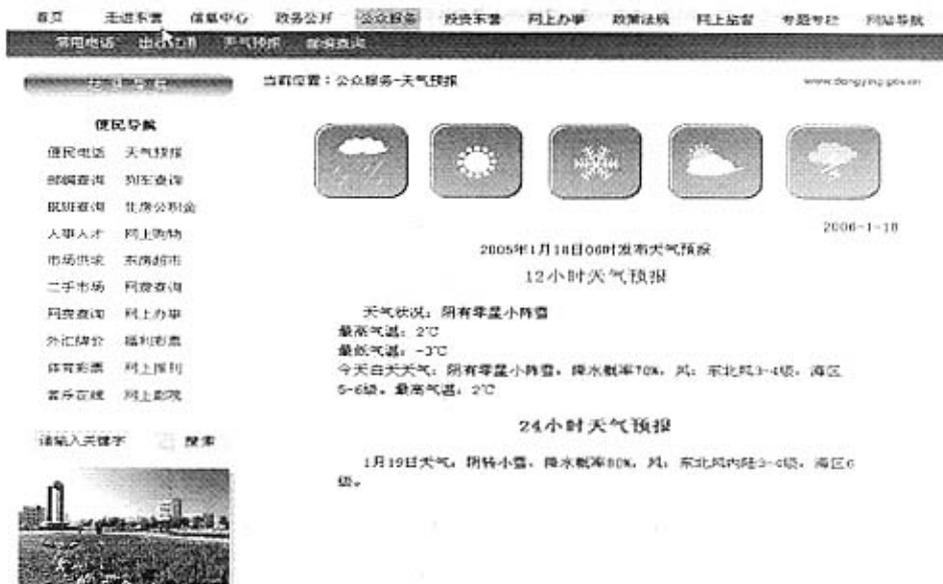


图 3-8 公众服务的界面



图 3-9 走进东营的界面

3.5 本章小结

本章主要阐述了四大部分，空间数据库的概念设计，包括空间数据需求分析和概念模型设计；空间数据库的逻辑设计，主要阐述了传统数据模型、面向对象数据模型与空间数据模型；空间数据库的功能设计，并结合项目实际阐述了“数字东营”的基础地理数据的数据库功能设计；空间数据库的用户界面设计。

第 4 章 空间数据库系统的实现

空间数据库系统实现的主要任务是将设计的空间数据库系统的结构体系进行编码实现，并将收集来的空间数据入库，建立空间数据库管理信息系统。

4.1 “数字东营”的数据库建设目标和任务

4.1.1 “数字东营”的数据库建设目标

东营市空间数据库是一个多数据源、多时态、多比例尺的空间数据信息库。空间数据库的管理系统要能满足基于 Web 的数据共享目的，同时要兼顾空间数据管理与维护的需要，能以直观的图形、图像数据为搜索引擎，让用户可以在虚拟的城市环境中对空间数据进行管理、检索、查询分析和应用，提供可视化的多媒体、多元的空间信息服务平台。系统建成后应达到以下目标：

- 作为基础地理数据管理、更新和维护的工具，为东营市基础地理数据的管理、更新、维护、发布、交换与共享服务；
- 作为东营市专题数据库的共享平台；
- 为各级政府部门、企业及社会公众提供基础地理数据的发布与交换服务；
- 实现对多比例尺、多数据源、矢量及栅格各数据库数据的有机集成；
- 建立有效的、符合地理信息数据保密规定要求、并可在网上发布、查询检索的索引库、元数据库以及抽稀的电子地图；

- ▶ 通过政府网采取 B/S 结构提供若干数据库查询和应用电子地图；
- ▶ 可以实时地为用户提供各种方式的浏览和查询，并输出各种形式的地理信息产品。

4.1.2 “数字东营”的数据库建设任务

紧密围绕、结合“数字东营”工程的总体设计方案与整体建设计划，进行东营市空间数据库的建立。

1. 数据标准与规范制定工程

建立起和国家标准统一的适应“数字东营”需要的数据标准和法规体系，并建立起信息资源共建共享机制。

为了保证数据的共享，标准化是关键。标准化体系应包括从数据采集、处理、质量检查（监理）、转换、建库、更新、维护、分发各个环节的一整套规范与标准。在数据规程中，数据采集（测量）方面有较多国家标准可供参考，实施过程中迫切需求的是数据质量与质量控制标准、数据分类与编码标准、数据模型标准、数据分层标准、属性指标体系、数据文件命名规则、元数据标准、数据交换与安全标准、数据库设计规范、实用化数据采集与更新软件等与数据建库有关的标准。

2. 数据库建设

地理空间数据基础框架，包括根据国家基础地理信息中心的定位基准加密东营市基准定位控制网、与国家、市基础地理信息数据库相对应的东营市基础地理信息数据库、城市综合地理信息数据和专用数据库。东营市空间数据库的建设任务将包括若干数据子库的建设、整体数据库的集成和数据库各种基本功能的开发工作。具体任务内容包括：

(1) 大地测量数据库

包括各等级的三角点、水准点、重力点、GPS点、GPS动态跟踪站、大地水准面等。

(2) 数字线划图(DLG)数据库

建立东营市90平方公里城区范围以1:500比例尺为核心的全要素数字地形图数据库;建立东营市575平方公里城市规划区1:2000和1:5000比例尺全要素地形图数据库。为政府各职能部门、企事业单位和全社会提供精确的全要素基础地形图数据。

(3) 数字正射影像(DOM)数据库

对东营市575平方公里城市辖区范围进行以1:3000比例尺为核心的多比例尺彩色航空摄影测量(包括1:8000两种比例尺),获取最新的城市空间影像数据。构建东营市90平方公里城区范围以1:1000比例尺数字正射影像图数据库;构建东营市575平方公里城市规划区1:5000比例尺数字正射影像图数据库。为“数字化东营”提供全新的航空遥感信息。

(4) 高密度地面格网的数字高程模型(DEM)数据库。

(5) 地名数据库

表达东营市内相关自然要素和自然村以上的地名和位置信息、隶属关系及社会经济信息。

(6) 元数据库

描述基础框架数据集的数据内容、产品标识信息、质量信息、参考信息、信息源及获取方法。

(7) 城市用地分类与建筑分类数据库

建立东营市90平方公里城区范围城市用地类型分类数据库和城市

建筑类型分类数据库,为城市建设与管理部门提供基础数据源。

(8) 自然资源信息库

以空间信息为基础,建成水文、矿产、土地、森林、耕地、海洋等资源的基础信息库,形成基础资源信息库交换和共享的机制。

(9) 地籍数据库

系统利用大幅面图形扫描技术、图形编辑技术、空间数据库技术实现对大量房屋地籍图形资料的输入、处理、存储和管理,查阅和利用,支持产权产籍等管理活动。

(10) 其它专题数据库

建筑信息:包括建筑现状图或从全要素地形图上提取出的建筑专题图及其属性信息,包括:建筑归属单位、使用性质、建筑层数、建筑高度、建筑面积、建造质量、建筑年代等。

道路信息:包括城市道路、铁路、公路及其属性信息,包括:道路名称、性质、等级、道路宽度、道路中心线坐标、道路红线坐标、断面结构等。

市政工程信息:包括各项市政工程图(给水、排水、电力、电讯、燃气、热力等)及其属性信息,包括:各类管线的节点坐标、性质、管径、管底标高、埋深、埋设时间、材料等。

人口及社会经济统计信息:包括人口数量、密度以及人口预测资料、工农业产值、国民收入、财政收入、商业服务、卫生保健等社会服务资料。

矿产资源与地质环境基础数据库:包括矿产资源储量数据库、矿产资源规划数据库、矿产资源开发利用数据库、地质环境管理数据库等。

环境生态与城市水文数据库基础数据库:包括环境质量现状数据

库、污染源数据库、生态环境数据库、气象资料、城市河流、湖泊、水库资料、水文地质数据库等。

地学基础数据库：包括数字地质图数据库、地质矿产数据库、物化探数据库、工程地质条件、工程地质钻孔、岩土工程测试数据库等。

黄河三角洲及海岸带信息库：包括海岸带管理数据库（包括海洋地质、海洋环境、海洋资源、海岸地貌等信息数据）；现代黄河口生态数据库（包括黄河流域的来水来沙数据、现代黄河三角洲冲淤灾害数据、黄河河道变化数据、黄河三角洲湿地变化数据等）。

(11) 索引库

包括各种数据索引类型。

4.2 系统的硬件、软件结构

基础空间数据管理系统的硬件架构主要围绕基础空间数据的生产、更新维护、管理、数据共享和数据发布服务，系统的稳定性、健壮性、系统输出的吞吐量、系统的安全性等指标都要求较高。主要包括服务器设备、客户端设备、网络设备和其它外设。硬件结构如图 4-1 所示。

“数字东营”空间数字平台包括建库系统（包括出图功能）、发布系统、建模管理系统、专题采集、共享及定制系统和元模型安装系统。基于 InterGraph 公司的 GeoMedia Professional 4.0 开发，采用 Delphi6.0 开发语言，体系结构采用三层结构（数据库、应用服务和客户三层），通讯协议采用 Socket，整个系统完全采用面向对象的开发方式。

空间数字平台采用三层体系结构，建库系统、建模管理系统、专题采集、共享及定制系统和元模型安装系统采用 C/S 结构，发布采用 B/S

结构。软件的组织结构图如图 4-2 所示。

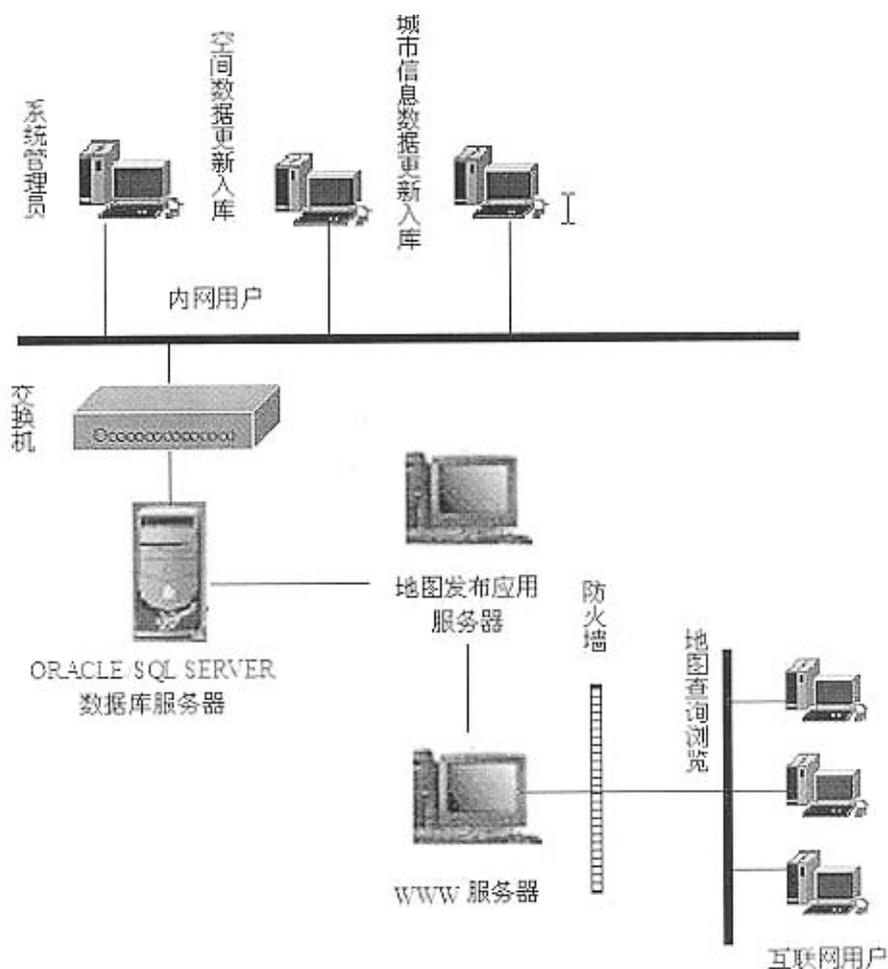


图 4-1 系统的硬件结构

4.3 空间数据库的实现技术

在常规大型数据库的基础上进行扩展，实现基于空间数据的空间索引、检索和分析等操作，是空间数据库实现的技术途径。目前，国际上在该领域进行过深入研究并形成软件产品的有：ESRI ArcSDE^[36]、MapInfo Spatial Ware^[37]以及 Oracle Spatial^[38]、DB2 Spatial Extender^[39]、

Informix Spatial DataBlade^[40]。近几年国内空间数据库技术有了很大发展，应用范围逐渐扩大，运用不同的软件和技术已经成功地建立了很多空间数据库^{[41][42][43][44][45]}。

采用 ArcSDE+Oracle 模式，是基于 ArcGIS 的 GeoDatabase 思想，与传统的 ARC/INFO 关系数据库存储模式不同之处在于，尽管空间数据和属性数据在 Oracle 中都是以表格形式存放，但是对每一个地物的表达是采用了面向对象的数据模型，这种数据模型通过对地物的类别、属性、拓扑关系及地物之间的关系的定义，可以更自然地模拟各种地物及其特征。面向对象思想存储空间要素，即以地理数据库（GeoDatabase）管理和使用地理要素数据，该模式支持复杂网络（Complex Networks）、要素类之间以及面向对象的关系。

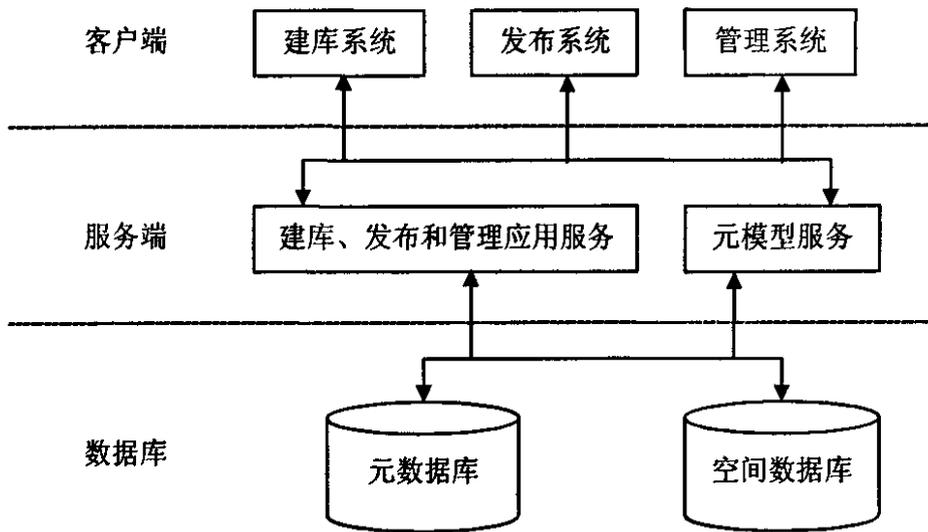


图 4-2 空间数字平台组织结构

4.3.1 空间数据模型群及建模技术

空间数据模型群是空间数据管理和应用的核心。采用对象化技术实

现的空间数据和属性数据无缝模型，实现了空间数据元素特征化、单元化。空间数据模型群及建模系统的引用，是保证数字平台安全、稳定和可持续发展的核心^[46]。在“数字东营”的系统中重点研究了为数字城市建立空间应用基础的方法及技术，以及空间基础地理数据的组织、服务体系、应用系统及分发放方案，实现了特征模型、空间参考模型、空间对象模型、发布规则模型、网络模型在分布式环境中的集成及综合应用。

4.3.2 采用技术路线的优点

总体上讲，所采用的建库方法具有如下优点：

1. 地理数据的统一存储和集中管理

所有的各种地理数据（包括矢量、栅格、注记等）可以统一存储和集中管理在一个核心数据库中（即 Oracle）。GeoDatabase 支持多种数据类型，包括：shapefile, coverage, 属性数据, 元数据, 图像, raster/Grid 数据, CAD 数据。

2. 数据导入和数据编辑更加精确

GeoDatabase 包含着许多复杂的编辑功能，这使 GIS 分析变得更加容易和高效；由于可以事先在数据库设置时可以设置一些智能化的检测规则，所以在数据入库和数据编辑时程序可以自动发现大多数错误。

3. 以面向对象的方式工作，更加符合人们的习惯

脱离了传统的点、线、面的思维方式，在数据库中所包含的数据模型都是以对象方式存储，比如道路、河流、湖泊等，这样更接近人们的思维。

4. 每个地物都可以更加紧密地和周边地物发生联系

通过对拓扑关系、空间表达和各种关系的定义，不仅表达了地物的

属性特征，而且表达了该地物和周边地物的关系。例如，当移动、修改或删除某地物时，和这个地物相关的其他地物也随即提醒你要求修改。

5. 地物的存放是连续的

在传统的文件管理模式中，一个大的数据层的存储是采用叠置方式或进行空间分割方式存放，而在 GeoDatabase 中不管数据层有多大，数据的存放是连续的，这样有利于数据的快速检索和调用。

6. 采用关系数据库管理的 ArcSDE 技术

从空间数据管理的角度看，ArcSDE 可看成是一个连续的空间数据模型，借助这一模型，可以用关系数据库（RDBMS）管理空间数据。

在 RDBMS 中融入空间数据后，ArcSDE 可以提供对空间、非空间数据进行高效率操作的数据库服务。由于 ArcSDE 采用的是客户/服务器体系结构，大量用户可同时并发地对同一数据进行操作。

4.4 空间数据采集建库

4.4.1 空间数据的获取

目前数据获取主要有三种方式：已有图数字化，航测数字化，内外业一体化成图。数据的采集方式分为：集中采集方式与分散采集方式或二者兼有。采集方式的选择主要由现有数据的分布情况来决定^{[47][48]}。如图 4-3 所示。

4.4.2 空间数据的建库流程

东营市基础地理数据 DEM 数据库建立的工作流程如图 4-4 所示；东营市基础地理数据矢量、地名数据库建立工作流程如图 4-5 所示；

东营市基础地理数据影像、栅格数据库建立工作流程如图 4-6 所示；
 东营市基础地理数据元数据库建立工作流程如图 4-7 所示。

DLG 入库流程如图 4-8 所示；DEM 和 DOM 入库流程如图 4-9 所示；
 影像数据入库流程如图 4-10 所示。

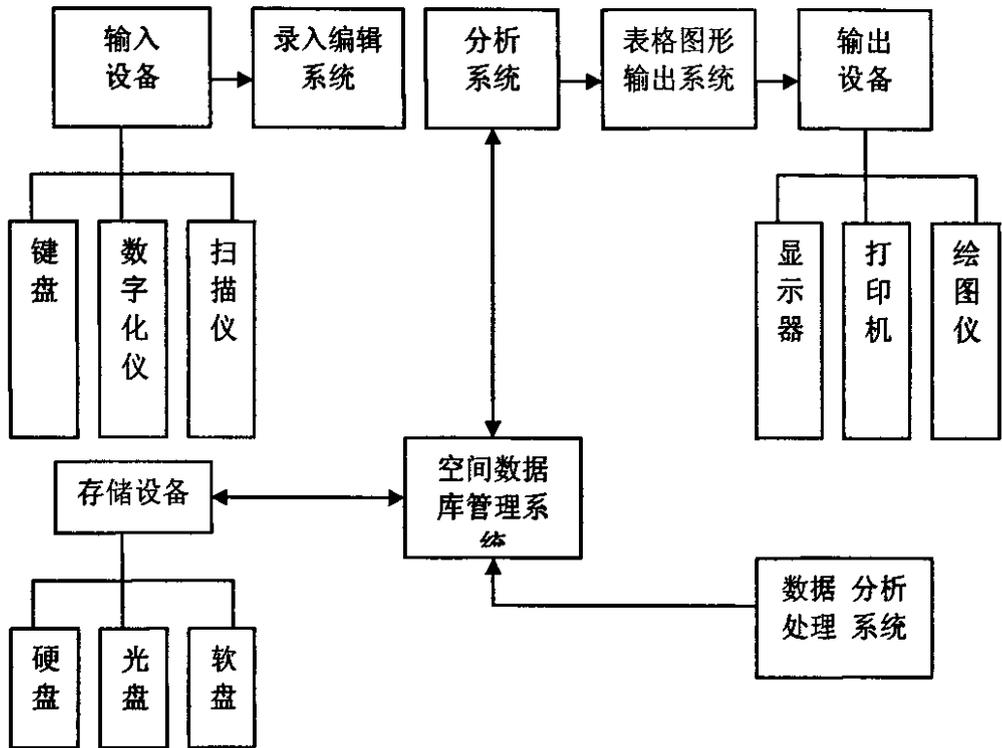


图 4-3 数据采集系统结构图

4.4.3 空间数据分类编码

参照有关图式、标准和规范规程，结合“数字东营”地理空间基础信息的存储要求，“数字城市”地理空间基础框架建设要求及网上发布、规划局办公自动化系统等对地理基础空间数据的要求等综合因素，遵循规范化、可扩展、实用性和唯一性等原则笔者制定了本编码方案^{[49][50]}。

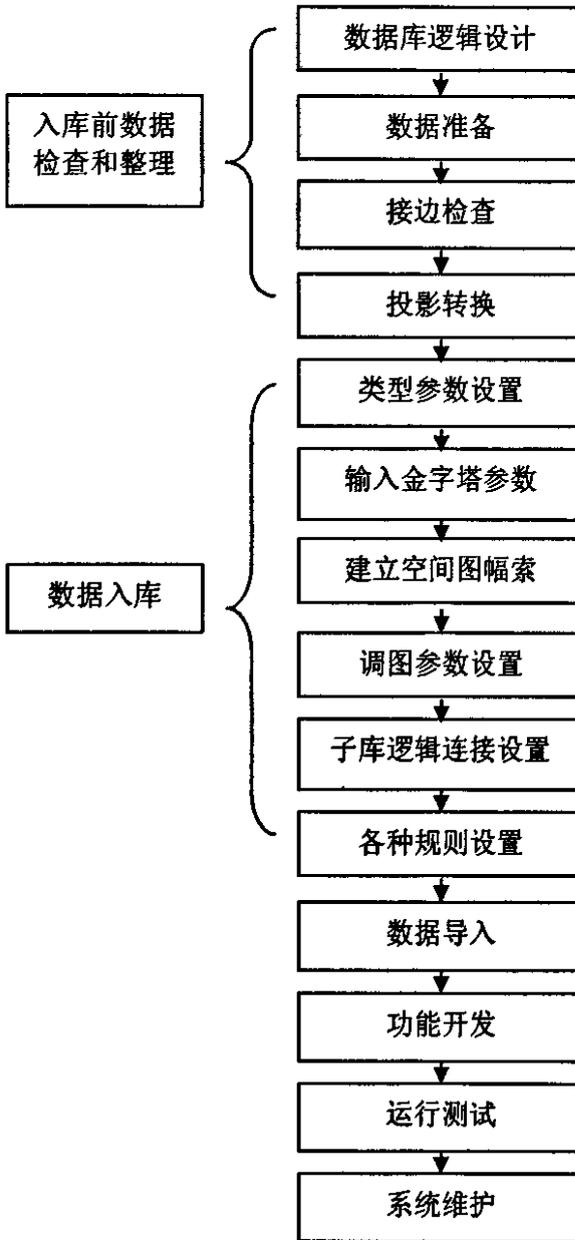


图 4-4 DEM 数据库建立的工作流程图

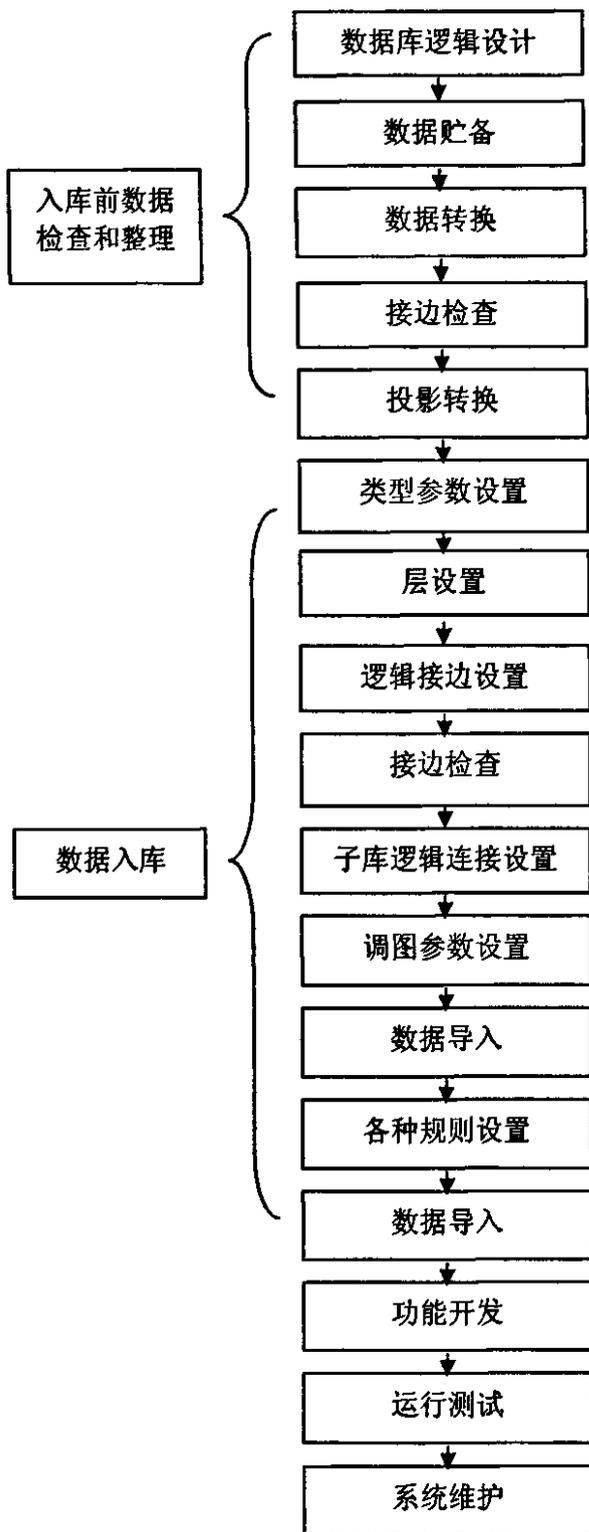


图 4-5 矢量、地名数据库建立工作流程图

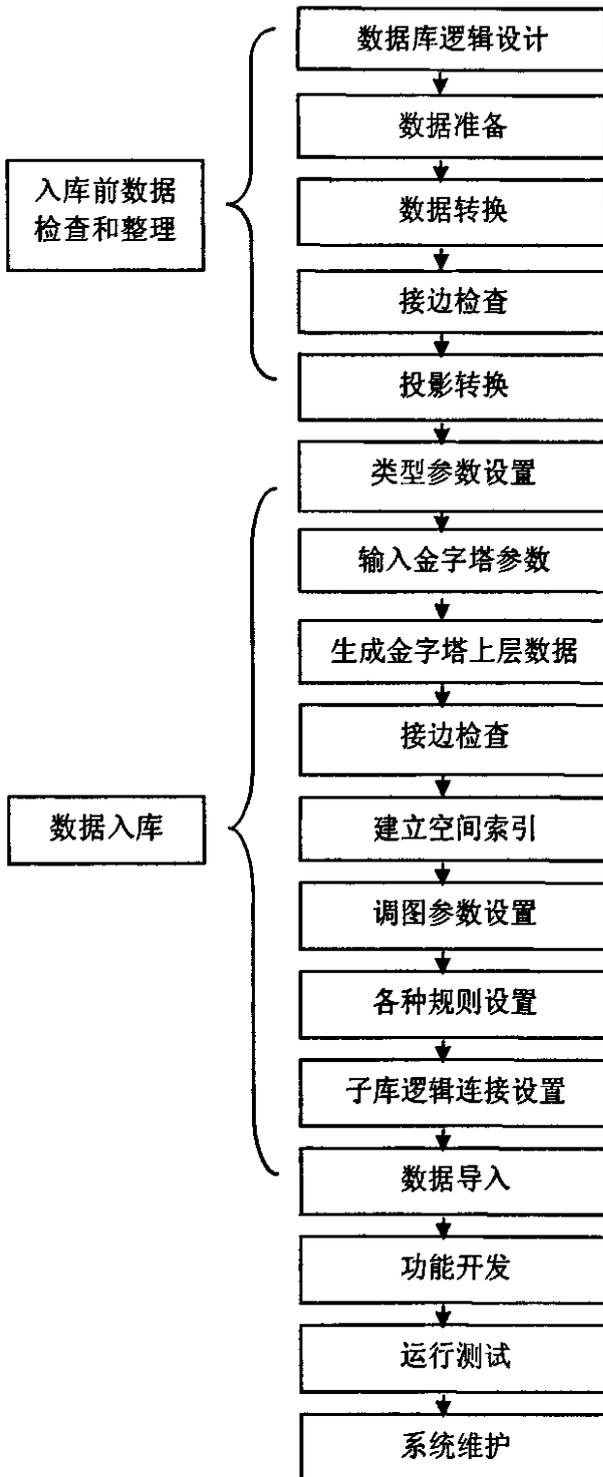


图 4-6 影像、栅格数据库建立工作流程图

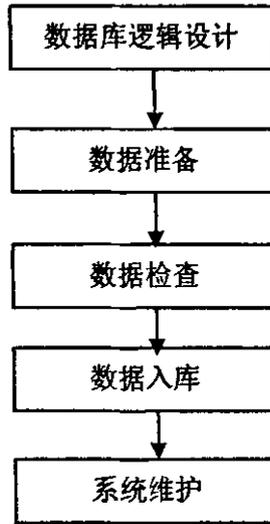


图 4-7 元数据库建立工作流程图

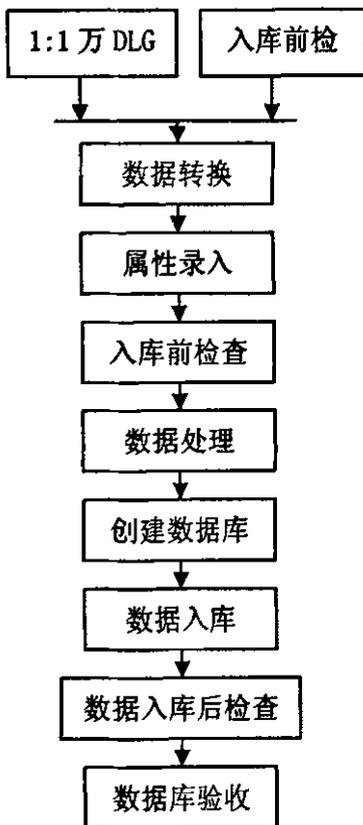


图 4-8 DLG 入库流程

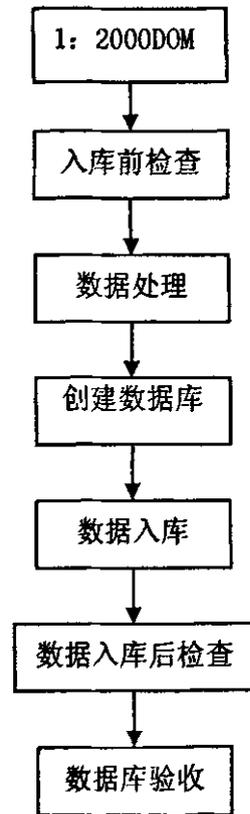


图 4-9 DEM 和 DOM 入库流程

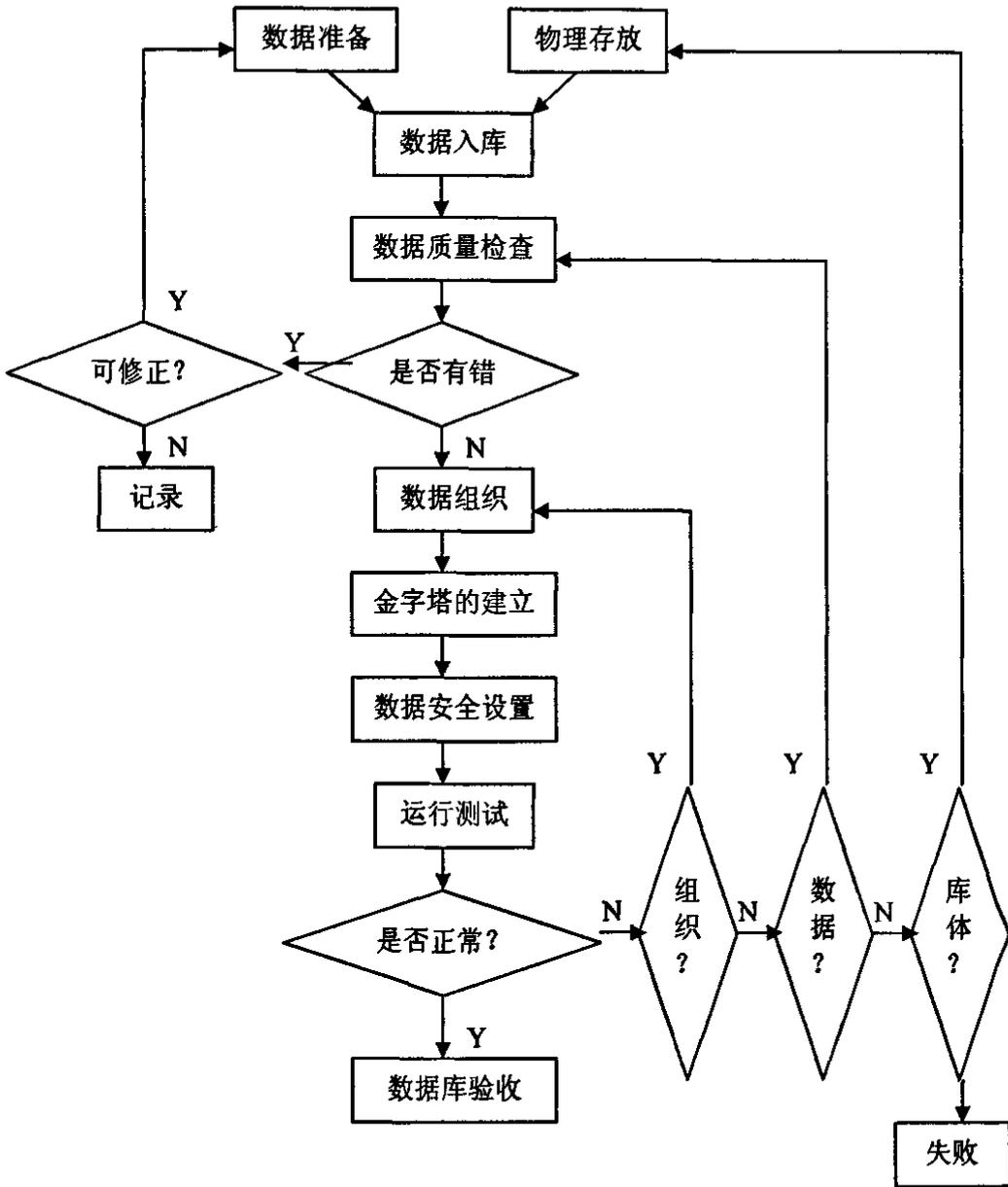


图 4—10 影像数据入库流程

“数字东营”将地理信息分为基础地理信息和地下管线信息，基础地理信息按特征类和图形特征两级代码表示，地下管线信息按特征代码表示。

1. 基础地理信息特征类编码方案

特征类编码共 8 位，其具体含义如下：

XX	XX	XX	XX
大类	特征类	系统保留	空间数据类型

其中，大类对应《地形图图式》中的十大类；特征类对应《地形图图式》中每个大类下的小类。空间数据类型编码含义如下：

- 07 对应（该类的）特征信息
- 05 对应（该类的）文本信息
- 08 对应（该类的）制图信息

2. 基础地理信息特征编码方案

特征码共 8 位，其具体含义如下：

XX	XX	XX	X	X
大类	小类	地理要素	序号	类型

其中，大类编码的含义与特征类编码中的含义相同；小类编码的含义与特征类编码中的含义相同；地理要素具体指《地形图图式》中每个小类下对应的每个地理要素；序号是每个地理要素中图形特征的序号，从 0—9 顺序编号；类型指每种图形特征的表示类型，其含义如下：

- | | |
|------------|--------|
| 1 点状特征 | 5 文本 |
| 2 线状特征 | 6 辅助特征 |
| 3 面边界 (bd) | 0 混和特征 |
| 4 面状特征 | |

3. 地下管线信息特征编码方案

特征码共 8 位，其具体含义如下：

XX	XX	XX	X	X
----	----	----	---	---

大类 管线一级类 管线二级类 特征类别 元素类型

其中, 城市地下管线大类编码为 21;

管线一级类指《城市地下管线探测技术规程》中的管线一级分类;

01	给水管线	06	电力管线
02	排水管线	07	电信管线
03	燃气管线	08	综合管沟
04	热力管线	09	人防地下建筑
05	工业管线		

管线二级类指《城市地下管线探测技术规程》中的管线二级分类;
特征类别是每个管线要素的特征编码。

0	管线	3	建构筑物
1	测点	4	制图信息
2	附属设施	5	注记

元素类型指每种特征的图形类型, 其含义如下:

1	点	4	文本
2	线	0	混和特征
3	面		

4.5 本章小结

本章首先阐述了“数字东营”的数据库的建设目标和任务, 空间数据库的实现技术和“数字东营”所采用技术路线的优点; 然后就空间数据的获取, 空间数据的建库流程, 空间数据分类编码等方面阐述了空间数据采集建库。

第 5 章 研究实例

经过近两年的研究和参与“数字东营”的空间数据库的建设，对城市空间数据库的设计及建立有了系统的理论和丰富的实践经验。下面，笔者就以“数字东营”的空间数据库为例，阐述了空间数据库系统的实现。

5.1 空间数据库系统的开发

5.1.1 系统体系结构

空间数据库项目系统总体设计框架包括了一个四层的体系结构，即数据层、中间层、GIS 平台层、以及应用层。另外还包括一个安全保障系统，如图 5-1 所示。

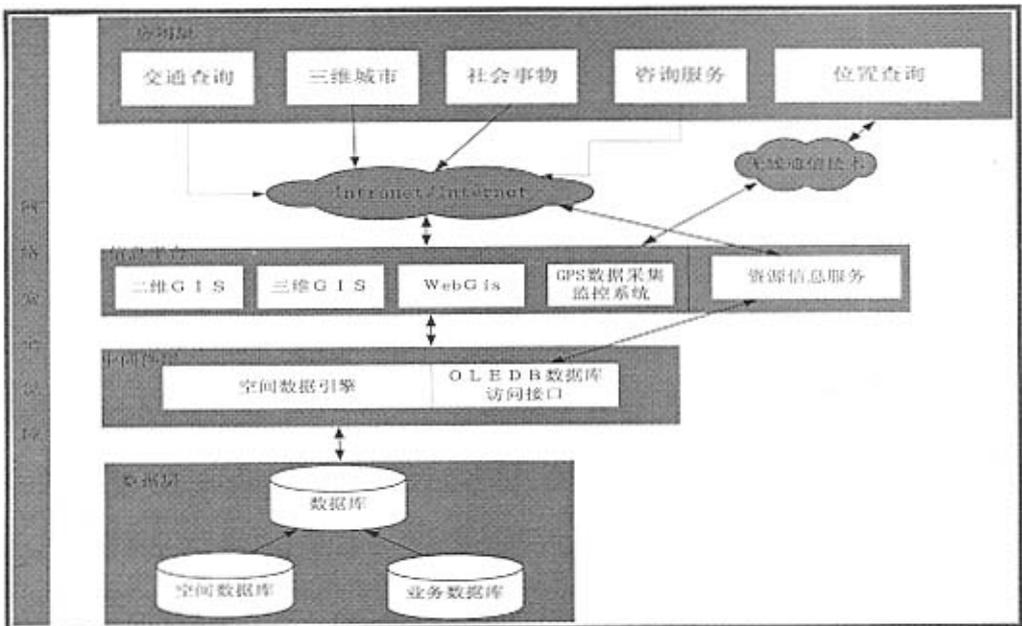


图 5-1 空间数据库系统总体设计

5.1.2 数据库建设的流程

东营市基础空间数据库的建库流程可以分为设计、建库、运行三个阶段，如图 5-2 所示。

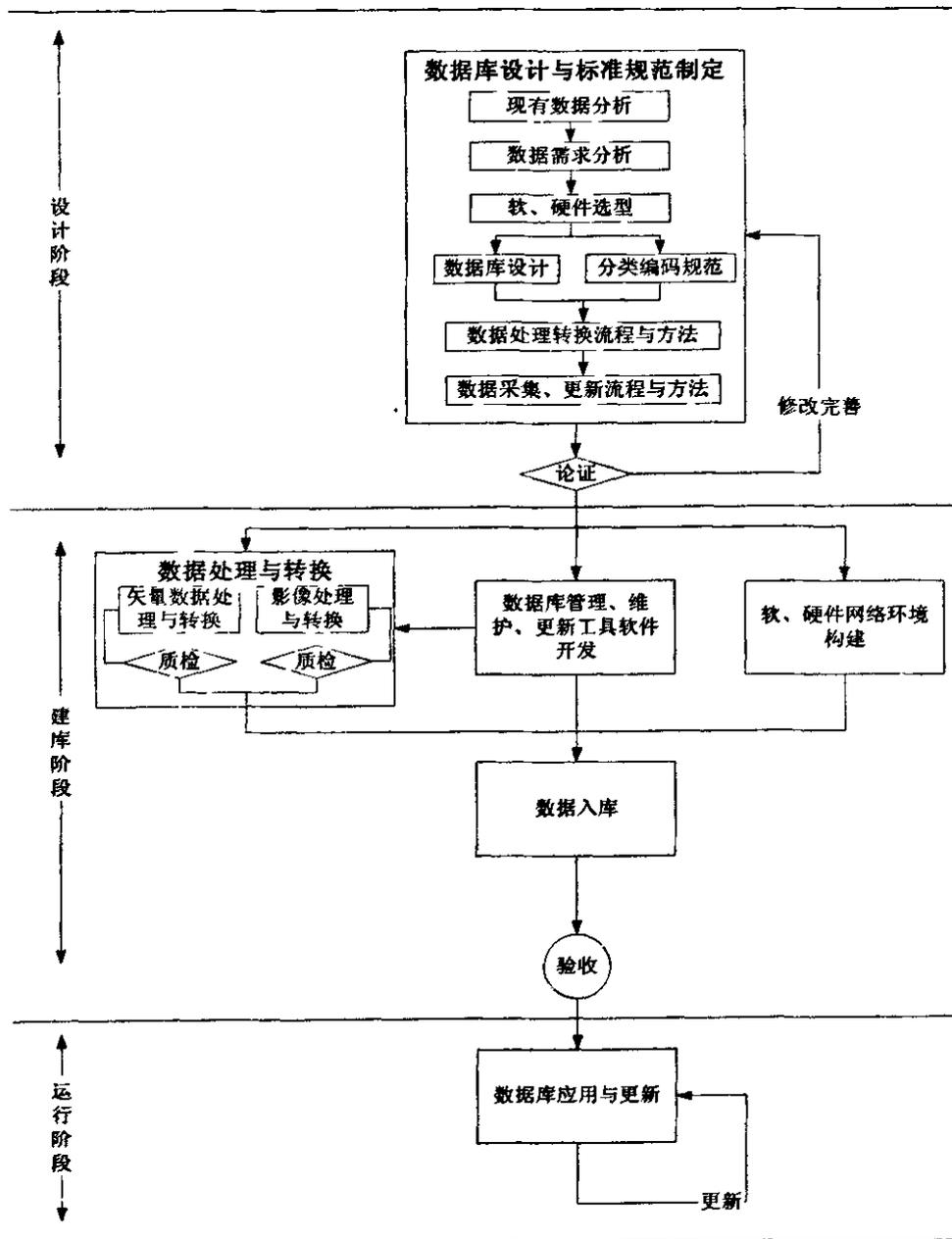


图 5-2 东营市基础空间数据库的建库流程

5.2 空间数据库平台建设

空间数据库平台是具有建库系统（包括出图部分）、管理系统、发布系统一体化的综合平台，其功能涵盖了从空间数据采集、存储、管理、分析到输出全过程。为各行业应用开发，以及构建行业“数字化”系统提供具有“行业信息模型”创建支持的、基础通用性的“虚拟实现”平台。

5.2.1 空间数据信息管理平台建设

提供一套灵活的模型及其元数据建模和管理系统。具有行业信息模型建立能力，为各行业数据组织和应用开发提供服务平台。

地理数据编辑系统登陆界面如图 5-3 所示，用户管理选项界面如图 5-4 所示。

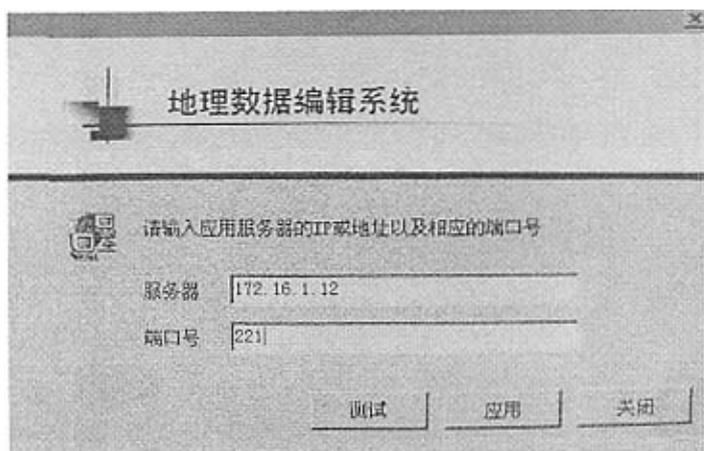


图 5-3 地理数据编辑系统登陆界面

空间信息管理平台主要功能包括：

- 管理空间信息，包含空间基础数据和专题数据；
- 空间信息数据库的建立、维护；

- 空间信息采集更新管理；
- 空间信息共享管理；
- 空间信息及系统的权限管理、日志管理、数据安全管理等；
- 数据的查询，各种数据成果或产品的输出。



图 5-4 用户管理选项界面

5.2.2 空间数据信息建库平台建设

提供一套灵活的预处理、矢量化和数据入库系统，升级已有单一建库方式，拓展形成多样化、一体化的数字建库平台；同时实现项目成果即时应用和入库。还提供了出图服务系统，根据数据库的数据，提供多种灵活的图形组织方式进行成图，形成具有综合空间数据库支持的出图服务系统。空间数字平台初始化界面如图 5-5 所示。

“建库应用服务”的窗口如图 5-6 所示，建库应用服务主要由以下三个选项组成：

1. 数据库参数：连接系统数据库时进行的参数设置。

在本系统中，我们向用户提供了三种数据库类型，用户可以根据自己的情况而定。选择不同的数据库类型，界面中所提供的填写选项也不

同。如表 5-1 所示，打√的表示需要填写的选项（在界面中不需要填写的选项系统将其置灰）。

表 5-1

数据库类型 填写选项	SQLServer	Oracle	Access
数据库名称	√		√（从路径中选择）
服务器名称	√		
数据源名称		√	
用户名称	√	√	
用户口令	√	√	

2. 服务参数：连接数据库服务器时的参数设置。

3. 连接信息：显示连接应用服务器的客户端信息。连接信息显示窗口如图 5-7 所示。

“选择服务器”设置安装在客户端，主要完成选择应用服务器功能。在登录建库系统时，首先需要选择所要连接的服务器，如图 5-8 所示。

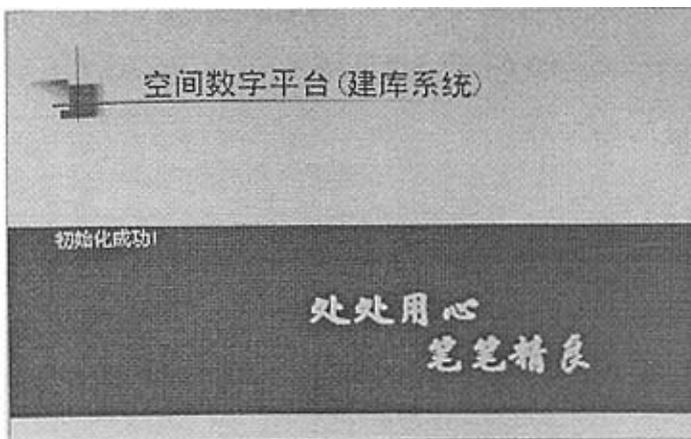


图 5-5 空间数字平台初始化界面

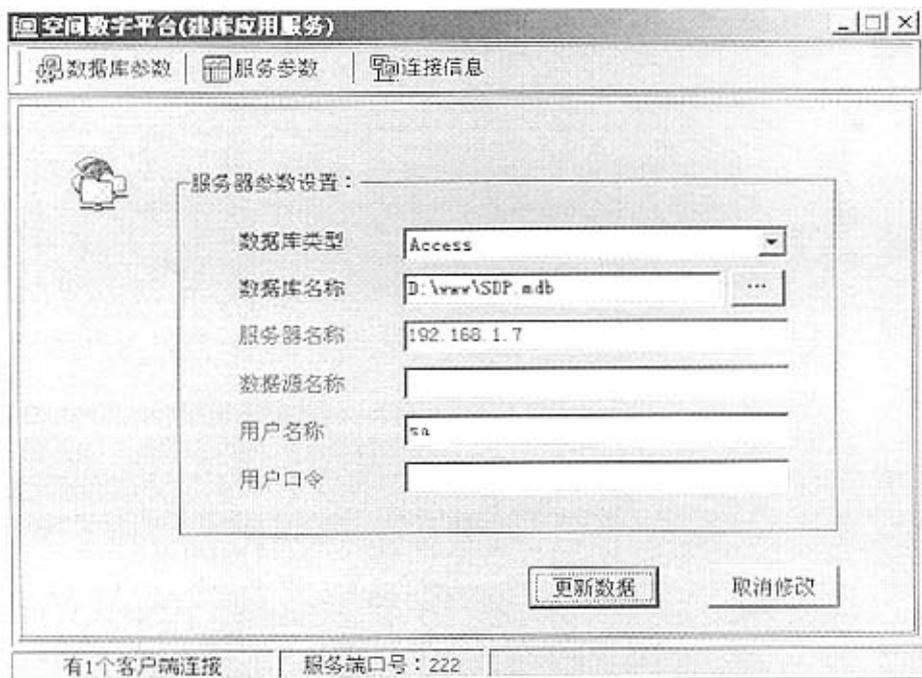


图 5-6 “建库应用服务”窗口

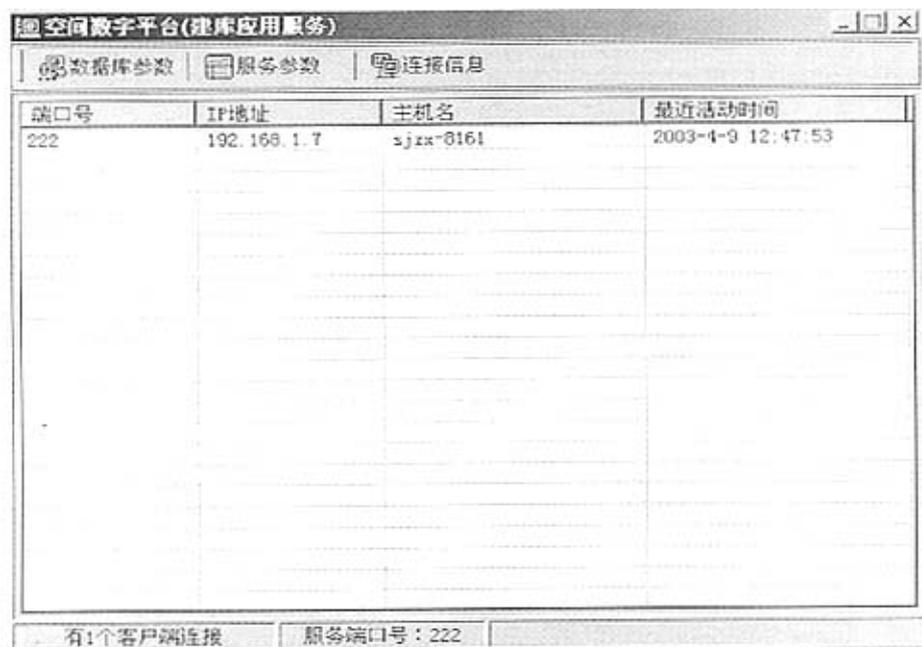


图 5-7 连接信息显示窗口

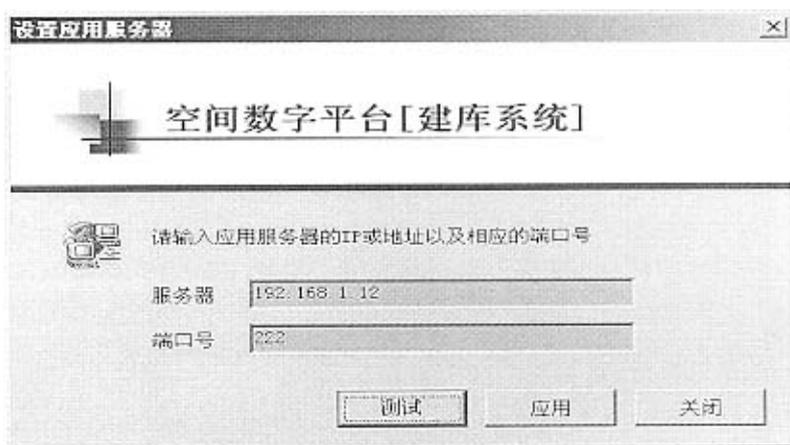


图 5-8 “设置应用服务器”对话框

5.2.3 空间数据信息建模平台建设

空间数字平台建模系统，是用来定义、管理用户数据结构和数据属性等信息的系统，为用户提供了一套灵活建模以及自定义各种规则的管理工具，还为用户提供方便、快捷管理本系统的方式、方法。建模系统是针对于元数据的管理，为用户提供一套灵活建模以及自定义各种规则的管理工具。建模系统是由工具栏、树型框以及数据定义区三部分组成。建模系统主界面如图 5-9 所示。

1. 工具说明

工具栏具体完成对元数据中不同数据类进行编辑的功能。

[新建数据源]：用于创建新的数据源，连接不同类型的数据库。

[新建元类]：选择不同类型的元类，创建类实体。

[新建属性定义]：在实体类中添加属性；且只能为普通类和同构集合类创建属性定义；普通类可以创建多个属性定义，而同构集合类它只能创建一个属性定义。

[新建域]：选择不同类型的域，创建域。

[新建列表域值]：用于为列表域中添加域值。

[调整属性顺序]：用于对属性名称的显示顺序进行调整，显示序号不发生变化。并且支持模糊查询，而后进行属性顺序调整。

[应用]：当前操作在未被提交入库前，点击[应用]按钮，系统将当前操作保存在建模系统客户端，支持用户应用工具栏中的[前进]和[后退]按钮。

[删除]：用于删除选择的数据。

[提交]：具有对当前系统所作的编辑操作进行提交入库的功能。

[导入]：具有将源数据源中的特征类导入到目标数据源中的功能。

[后退]：用于撤消当前的操作。

[前进]：用于否定撤消的操作。

[日志]：用于查看错误信息。

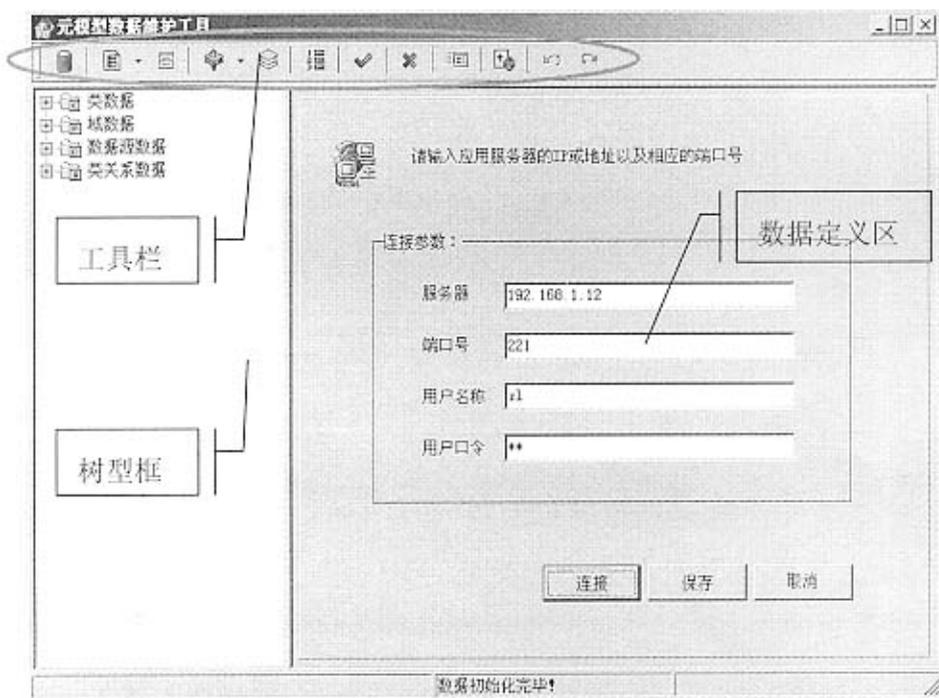


图 5-9 建模系统主界面

2. 元数据分类

元数据作为空间数字平台的底层数据，是由数据源数据、类数据、域数据、类关系数据四类数据组成^[61]，主要完成对图形特征描述、属性信息的描述、属性值的值约束以及对系统表的维护管理等功能。

(1) 数据源数据

数据源数据支持多数据源，是用来连接不同类型的数据库，数据源定义界面如图 5-10 所示。

(2) 类数据

类数据用于描述类的相关信息以及类的相关属性定义信息^[62]。主要分为四种类数据：简单类、异构集合类、普通类、同构集合类。类数据实体类定义界面如图 5-11 所示。

(3) 域数据

域数据的建立是为了所创建的类实体数据能够更好地引用它，在定

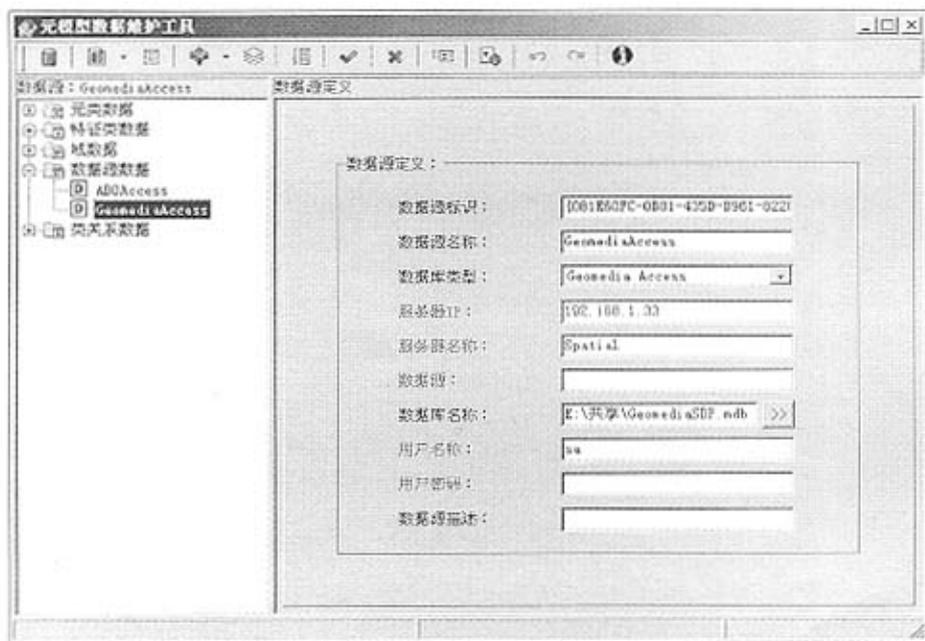


图 5-10 数据源定义界面

义类实体数据的过程中，对某属性信息进行描述时，其中有对“引用域 ID”属性值的描述，用户可以选择引用您所创建的域数据。

域数据分为两种类型：范围域和列表域。范围域：顾名思义，就是指在一定范围内的域值^[53]。列表域：域值的显示方式是某一固定值，而不是以范围的形式显示^[54]。新建列表域如图 5-12 所示，新建范围域如图 5-13 所示。

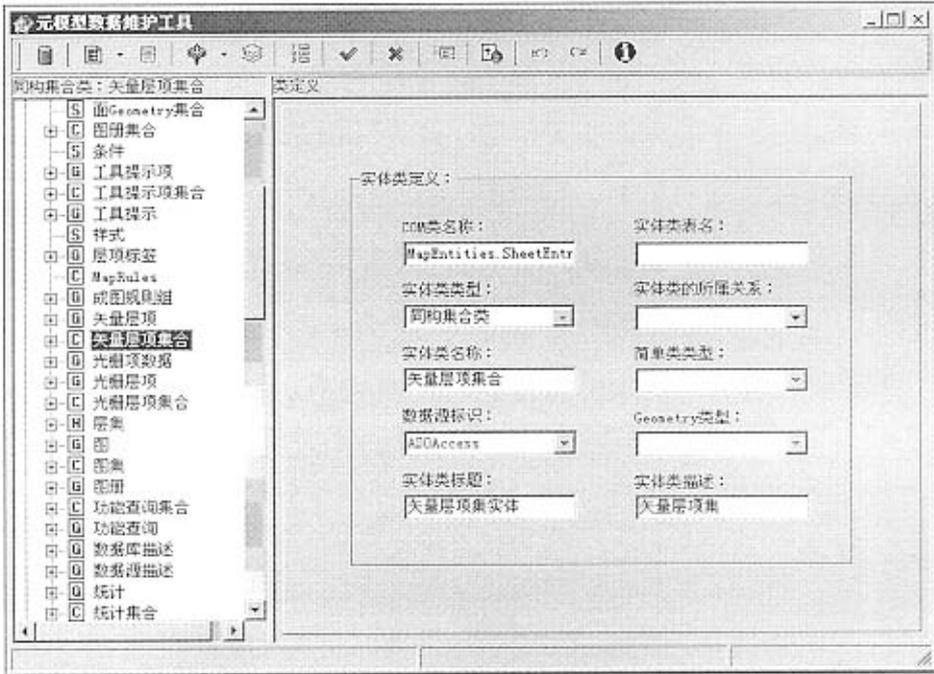


图 5-11 类数据实体类定义界面

(4) 类关系数据

类关系数据是描述两个实体类之间存在什么样的关系，如一对一的关系、一对多的关系、多对多的关系等。类关系数据和域数据的作用是一样的，都是在定义类数据时，作为引用的类数据对象。在定义类实体数据的过程中，对某属性信息进行描述时，其中有对“引用类名称”和“关系类型”属性值的定义，对其定义完毕提交入库后，则系统将会在

“类关系数据”节点下自动创建所定义的类与引用类之间的关系。类关系定义界面如图 5-14 所示。



图 5-12 新建列表域



图 5-13 新建范围域

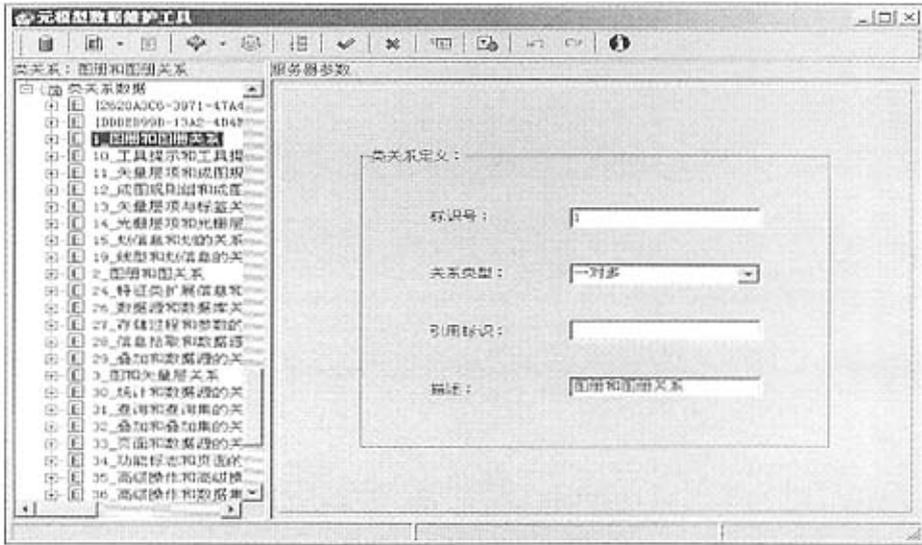


图 5-14 类关系定义界面

5.2.4 空间数据信息发布平台建设

空间数据信息发布系统是将图形数据库中的图形数据和属性数据采用流行的 B/S 结构形式在网上发布出来，供用户对图上的特征类及元素进行操作，完成浏览、查询、叠加、统计等功能。并且用户能够对图形上的任何对象，进行相关信息的查询；还能对图形信息进行专业分析，通过灵活的信息查询、叠加、统计分析……功能，形成新的研究成果图^[55]。空间信息发布系统主界面如图 5-15 所示。

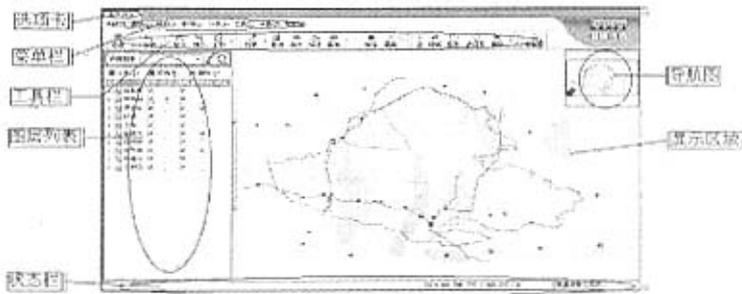


图 5-15 发布系统主界面

用户在进行信息发布之前，首先要启动发布系统的服务。该设置是用来完成系统数据库连接设置、环境变量设置、服务设置等功能，最终实现发布系统从系统库中提取数据信息进行信息的发布。发布服务窗口如图 5-16 所示。

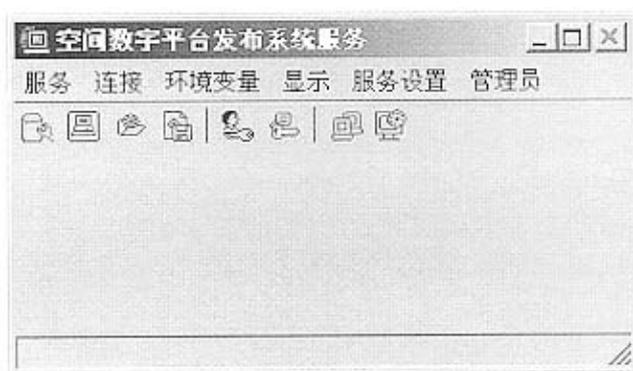


图 5-16 发布服务窗口

5.3 应用事例分析

5.3.1 “数字东营”电子地图网

“数字东营”电子地图网就是电子地图公众信息查询系统，实现基本地图功能以及各项查询、统计、分析、显示等功能。以这个系统作示范，展示空间数据的应用情况，直观地反映空间数据库给社会创造的价值。电子地图公众信息查询系统提供了对基础空间数据库的基本查询分析的应用。电子地图网的应用如下：

1. 图层控制：验证图层显示/隐藏的正确性；
2. 视口控制：各项视口控制工具的正确性和效率，包括选择、漫游、旋转、放大、缩小、测量、全图、前进、后退和清除；
3. 高级查询：验证位置查询的正确性和效率，验证公交查询的正确性和效率，验证周边查询的正确性和效率；

4. 城市信息：验证城市信息的各项分类数据正确和定位正确，可抽查几项；

5. 油田信息：验证油田信息的各项分类数据正确和定位正确，可抽查几项；

6. 黄河三角洲：验证黄河三角洲各时期遥感影像网页的挂接是否正确，网页内容是否正确，网页浏览功能是否正常；

7. 公交查询：验证公交换乘的正确性各效率；

8. 旅游景点：验证旅游景点各类信息的数据正确和定位正确；

9. 便民导航：验证便民导航各项内容的网页挂接正确。

东营站的列车情况查询如图 5-17 所示，东营的油田信息查询如图 5-18 所示，东营的城市信息查询如图 5-19 所示。



图 5-17 东营站的列车情况查询

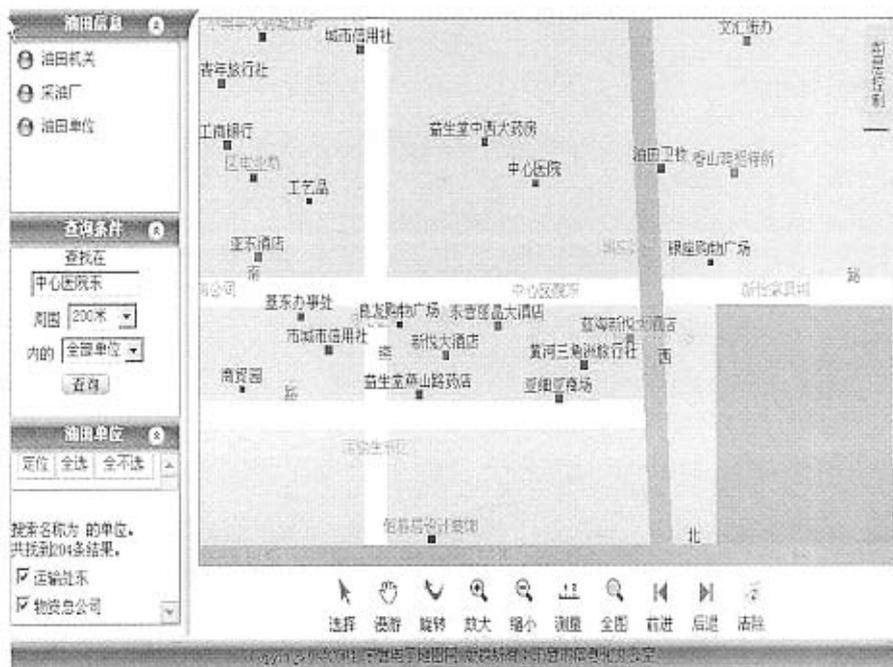


图 5—18 东营的油田信息查询



图 5—19 东营的城市信息查询

查询定位分为：

名称查询：能够根据精确或模糊名称查询定位东营市任何单位或街道、交通信息在电子地图上，并以文字、图像、视频、声音信息展示该单位详细情况，也可以连接到单位的 HTML 主页上；

门牌号查询：根据门牌号查询相应的地理位置等；

指定位置查询：能够搜索任意位置周边若干距离范围内任意类别的单位并在电子地图上定位显示；

行车路线查询：能够计算任意两个或多个地理位置之间的行车路线，计算方法可根据路程最短、乘公交线路、时间最短等多种方式计算，并将行车路线在地图上标注出来，若是公交换乘线路，列出各个换乘线路的所有站名和公交车的路名。如图 5-20 所示。

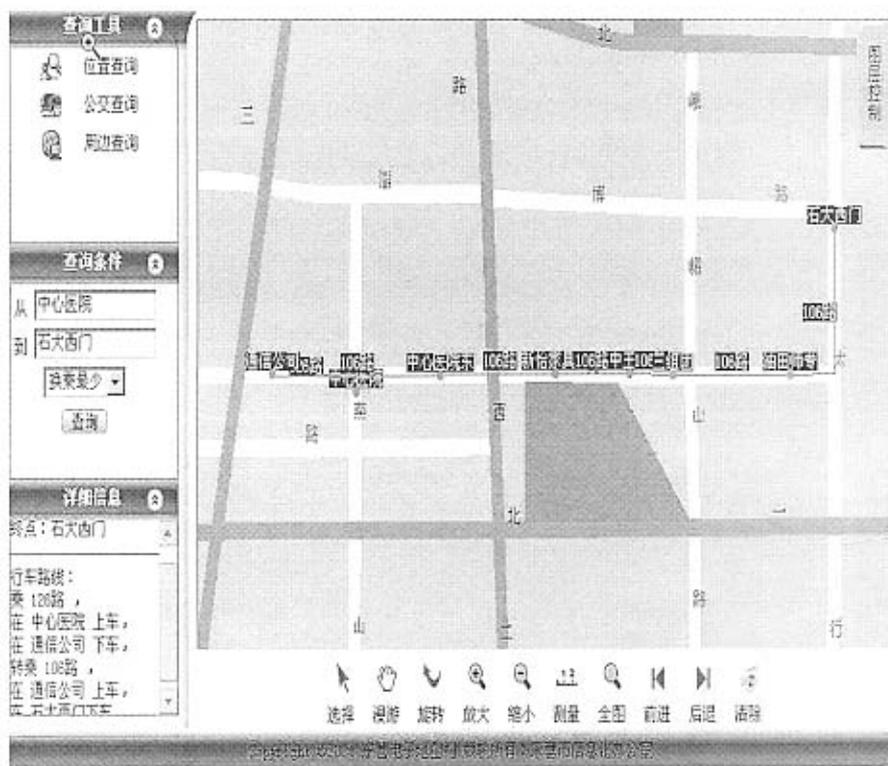


图 5-20 东营市公交信息的查询

5.3.2 “数字东营”空间资源平台

“数字东营”空间资源平台基于空间数据库,借助系统平台的空间分析能力,为各部门提供基于空间的、可视化的信息。空间资源平台,主要包括城市信息、油田信息、施工信息、政务空间信息的定位,黄河三角洲时期影像的发布以及与政务资源平台的挂接。系统提供地理图形的浏览以及定位后的高亮显示等多项功能。

空间资源平台的应用如下:

1. 图层控制:验证图层显示/隐藏的正确性;
2. 视口控制:各项视口控制工具的正确性和效率,包括选择、漫游、旋转、放大、缩小、测量、全图、前进、后退和清除;
3. 城市信息:验证城市信息的各项分类数据正确和定位正确,可抽查几项;
4. 油田信息:验证油田信息的各项分类数据正确和定位正确,可抽查几项;
5. 施工信息:验证施工信息中每张图的数据正确;
6. 政务空间信息:验证政务空间信息各项专题图的显示是否正确,可抽查几项;
7. 黄河三角洲:验证黄河三角洲各时期遥感影像网页的挂接是否正确,网页内容是否正确,网页浏览功能是否正常。

东营市城市信息如图 5-21 所示,东营市施工信息如图 5-22 所示。

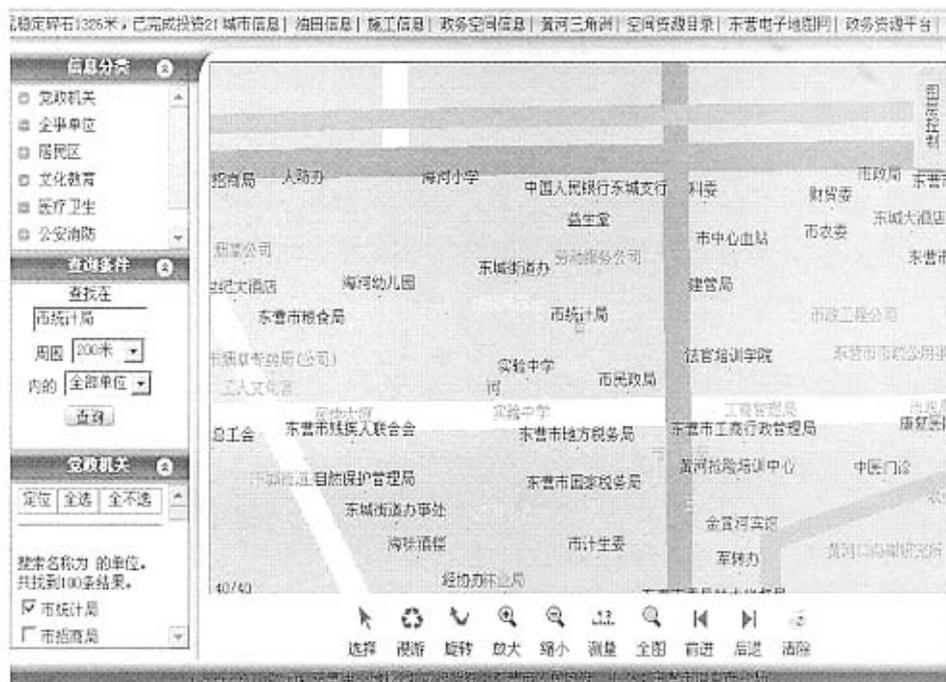


图 5-21 东营市城市信息

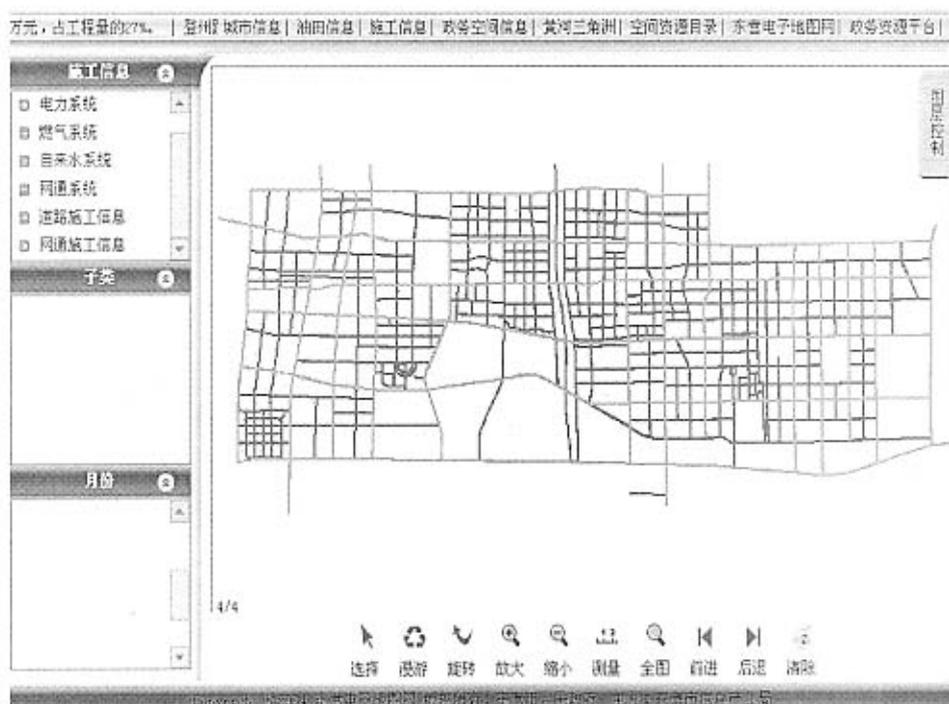


图 5-22 东营市施工信息

5.4 本章小结

本章介绍了作者对空间数据库进行研究的研究实例，分空间数据库系统的开发、空间数据平台建设和应用事例分析三个方面来介绍。空间数据库系统的开发主要介绍系统体系结构和数据库建设的流程；空间数据平台建设主要介绍空间数据信息管理平台建设、空间数据信息建库平台建设、空间数据信息建模平台建设和空间数据信息发布平台建设；应用事例分析主要介绍了“数字东营”电子地图网和“数字东营”空间资源平台。

第6章 结论和展望

6.1 论文总结

当前，我国“数字城市”中数据大多以多种格式和多种介质分别分散存储，难以有效满足数字城市管理的信息处理需求。探索如何实现图形数据和属性数据的一体化存储、构建“数字城市”空间数据库，对加快数字城市的发展具有重要作用。经过近两年的研究和参与“数字东营”的空间数据库的建设，主要完成的内容如下：

1. 研究“数字城市”空间数据库的设计方法，参与完成“数字东营”的空间数据库的设计；

2. 研究“数字城市”空间数据分类编码标准，设计“数字东营”空间数据分类表；

3. 研究“数字城市”的空间数据建库原理与方法，紧密围绕、结合“数字东营”工程的总体设计方案与整体建设计划，进行东营市空间数据库的建立；

4. 参加“数字东营”空间数据库平台建设。

6.2 研究展望

数字城市的建设是一项巨大的系统工程，对其进行研究，空间数据库的设计与实现是重点和难点。数据库设计与建立的质量直接影响整个“数字城市”GIS系统的先进性、稳定性、扩展性等。这一课题非一朝一夕或是某个人的能力所能完成，本文的研究成果及提出的思路或方案，仅仅是某一方面的尝试，还有许多问题需要进一步解决。下一步拟

从以下几个方面作深入研究：

1. 数据库的安全策略

计算机存储的数据和信息不同于模拟表示的信息，其不因阅读而丢失，但可能因硬、软件故障和人为破坏而丢失。由于空间数据比一般的商务数据获取困难得多，所以信息安全和保密就非常必要和必须。

2. 管理平台和数据更新问题。

管理平台建设是空间基础数据库建设的重要环节。主要实现的功能包括：空间基础数据的更新；空间基础数据的交换共享；应用部门的后台管理，主要包括权限管理和维护等。

数据更新有两种方式：一是不定期的更新，另一是实时更新。更新的策略根据数据的变化规模进行选择，数据变化量很小时采用只对变化部门进行更新；数据变化量很大时，采用全部更新方式。

6.3 本章小结

本章对全文作了一个总结，包括所完成的工作及取得的创新性的研究成果，指出了以后的研究内容与方向，系统需要进一步完善的地方，为进一步从事“数字城市”的空间数据库的研究工作打下基础。

参考文献

- [1] 陈述彭. 数字地球百问[M]. 科学出版社. 32~37, 60~76, 139~180.
- [2] 承继成, 李琦, 易善桢. 国家空间信息基础设施与数字地球[M]. 清华大学出版社. 111~146, 173~186.
- [3] 王磊, 周云轩. 21 世纪 GIS 发展趋势及误区分析. 计算机工程与应用, 2002;14:54-58.
- [4] 喻建平, 谢维信. 数字城市及其关键技术. 半导体技术, 2004;27(4):33-36.
- [5] 肖乐斌, 钟耳顺, 刘纪远等. 三维 GIS 的基本问题探讨. 中国图象图形学报, 2001;6(9):842-848.
- [6] 吴信才. 地理信息系统的基本技术与发展动态. 地球科学—中国地质大学学报, 1998;23(4):329-333.
- [7] Wu, Huanmei; Norum, Becky; Salzberg, Betty; Kaeli, David. A database System to Advance Subsurface Sensing and Imaging. Subsurface Sensing Technologies and Applications. 1566-0184; 2003, 10, Vol. 4(4), 395~408.
- [8] Kohiyama, Masayuki; Yamashita, Norihiko; Sato, Tadanobu; Hengjian, Lu; Maki, Norio; Tanaka, Satoshi; Hayashi, Haruo. Expansion of the Nishinomiya Built Environment database. Natural Hazards. 0921-030X; 2003, 07, Vol. 29(3), 501~522.
- [9] 黄坚, 王丹, 丁军. 城市公共基础空间数据库建设方法初探. 测绘通报, 2003(2):42~46.

- [10] Hughes, M., Hornby, D. D, Bennion, H., Kernan, M., Hilton, J., Phillips, G, Thomas, R.. The Development of a GIS-based Inventory of Standing Waters in Great Britain together with a Risk-based Prioritisation Protocol. *Water, Air and Soil Pollution: Focus*. 1567-7230, 2004, 06, Vol. 4(2/3), 73~84.
- [11] Bertossi, Leopoldo; Schwind, Camilla. Database Repairs and Analytic Tableaux. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*. 1012-2443, 2004, 01, Vol. 40(1/2), 5~35.
- [12] Bhalla, Subhash; Madnick, Stuart E.. Asynchronous Backup and Initialization of a database Server for Replicated database Systems. *The Journal of Supercomputing*. 0920-8542, 2004,01, Vol.27(1), 69~89.
- [13] Hegner, Stephen J.. An Order-Based Theory of Updates for Closed database Views. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*. 1012-2443, 2004, 01, Vol. 40(1/2), 63-125.
- [14] 陈述彭, 鲁学军, 周成虎. 地理信息系统导论. 科学出版社, 1999; 56~59.
- [15] 郭伦, 刘瑜, 张晶, 马修军, 韦中亚, 田原. 地理信息系统——原理、方法和应用. 科学出版社, 2001; 93~95, 95~96, 104~108.
- [16] 李满春, 任建武, 陈刚, 周炎坤. GIS 设计与实现. 科学出版社, 2003; 99~101, 106~131.
- [17] 龚键雅. 地理信息系统基础. 科学出版社, 2001; 34~35.
- [18] 王继周, 李成名. 数字城市基础空间数据建库中的质量检查与控制分析. *国土资源信息化*. 2005(3): 5~8.
- [19] 黄杏元, 马劲松, 汤勤. 地理信息系统概论. 高等教育出版社, 2001; 108~114.

- [20] 冯战申, 吴亚桢. 基于空间元数据的空间数据库集成与实现. 计算机工程与设计, 2005, 7;26(7):1729~1731.
- [21] 龚建华. 地学可视化理论、技术及其应用. 北京:中科院地理所博士后研究工作报告, 1997.
- [22] 朱欣焰, 张建超, 李德仁, 龚键雅. 无缝空间数据库的概念、实现与问题研究. 武汉大学学报信息科学版, 2002, 8;27(4):382~386.
- [23] 舒飞跃. 全关系模型国土资源空间数据库设计模式研究. 国土资源信息化, 2005(1):35~39.
- [24] 何雄, 方金云, 唐志敏. 基于 ORDB 的空间数据库的研究与实现. 计算机工程, 2005, 01;31(2):42~44.
- [25] Dugas, M., Hasford, J., Weinzierl, S., Pecar, A., Endres, S.. Design and implementation of a common drug information database for a university hospital. *Pharmacy World and Science*. 0928-1231, 2003, 08, Vol. 25(4), 156~161.
- [26] 罗名海. 城市空间数据库建设发展策略与关键技术. 地理空间信息, 2003, 6;01(1):18~21.
- [27] Robbins, Paul. Beyond Ground Truth; GIS and the Environmental Knowledge of Herders, Professional Foresters, and Other Traditional Communities. *Human Ecology*. 0300-7839, 2003, 06, Vol. 31(2), 233~253.
- [28] Harvey, J. T.. Locating the Eureka Stockade: Use of a geographical information system (GIS) in a historiographical research context. *Computers and the Humanities*, 0010-4817, 2003, 05, Vol. 37(2), 229~234.

- [29] Haque, Akhlaque. Information technology, GIS and democratic values: Ethical implications for IT professionals in public service. *Ethics and Information Technology*. 1388-1957, 2003, Vol. 5(1), 39~48.
- [30] 邬伦, 张毅. 分布式多空间数据库系统的集成研究. *地理学与国土研究*. 2002, 2; 18(1): 6~10.
- [31] 郭菁, 郭薇, 胡志勇. 大型 GIS 空间数据库的有效索引结构 QR-树. *武汉大学学报, 信息科学版*, 2003, 06; 28(3): 306~310.
- [32] 李国标, 庄雅平. 面向对象的 GIS 数据模型——地理数据库. *测绘通报*, 2001(6): 37~39.
- [33] 朱文忠. 面向对象的 GIS 结构设计. *解放军测绘学院学报*, 1994; 11(1): 44~46.
- [34] 肖乐斌. 基于栅格框架的三维 GIS 集成数据模型与空间分析研究. *中国科学院地理所*, 1999.
- [35] Haala N, Brenner C, Anders K H. Generation of 3D City Models From Digital Surface Models and 2D GIS. *ISPRS, Vol. 32 Part 3 - 4W2, 3D Reconstruction and Modeling of Topographic Objects*. Stuttgart. 1997.
- [36] 孙敏, 陈军, 张学庄. 基于表面剖分的 3DCM 空间数据模型研究. *测绘学报*, 2000; 29(3): 257~265.
- [37] 张文君. 3D GIS 种虚拟现实地图的构建. *测绘通报*, 2002, 7; 45~47.
- [38] 付永恒. 基于网络的 3 维地理信息系统可视化方案的研究. *测绘通报*, 2002, 12; 10~12.
- [39] 张冬明, 杨永国, 付长晶等. 解决 3 维地理信息系统中可视化问题的新方案. *测绘通报*, 2002, 01; 11~13.
- [40] 芮小平, 杨崇俊, 张彦敏. 城市虚拟现实研究初探. *地理学与国土研究*, 2002; 18(3): 27~29.

- [41] 陈军, 邬伦. 数字中国地理空间基础框架. 科学出版社, 2003; 67~74.
- [42] 芮小平, 杨崇俊, 王盼成. 3 维城市模型中的数据获取和组织方案研究. 地理学与国土研究, 2002; 18(2): 11~14.
- [43] 杨文龙. 数码社区 3 维模型建立方法的探讨. 测绘通报, 2002, 11; 22~24.
- [44] Ayala-Carcedo, Francisco J., Cubillo-Nielsen, Silvia, Alvarez, Ana, Domínguez, María J., Laín, Luis, Laín, Ricardo, Ortiz, Guillermo. Large Scale Rockfall Reach Susceptibility Maps in La Cabrera Sierra (Madrid) performed with GIS and Dynamic Analysis at 1:5,000. Natural Hazards. 0921-030X, 2003, 11, Vol. 30(3), 325~340.
- [45] Naimark, Richard W.. Building a Fact-based Global database-The Countdown. Journal of International Arbitration. 0255-8106, 2003, 02, Vol. 20(1), 105~110.
- [46] Kang-tsung Chang. Introduction to Geographic Information Systems. 科学出版社, 2003.
- [47] Noah, shahrul A; Williams, Michael D. Intelligent database Design Diagnosis: Performance Assessment with the Provision of Domain Knowledge. Artificial Intelligence Review, 0269-2821, 2004, 03, Vol. 21(1), 57~84.
- [48] Platis, A. N., Gravvanis, G. A., Giannoutakis, K. M., Lipitakis, E. A.. A Two-Phase Cyclic Nonhomogeneous Markov Chain Performability Evaluation by Explicit Approximate Inverses Applied to a Replicated database System. Journal of Mathematical Modelling and Algorithms. 1570-1166, 2003, Vol. 2(3), 235~249.

- [49] Lee, Jiyeong. A Spatial Access-Oriented Implementation of a 3-D GIS Topological Data Model for Urban Entities. *GeoInformatica*. 1384-6175, 2004, 09, Vol. 8(3), 237~264.
- [50] Bylkin, B. K., Shaposhnikov, V. A. Sadovoi, Yu. K., Tikhonovskii, V. L.. database for Decommissioning Power-Generating Units at the Leningrad Nuclear Power Plant. *Atomic Energy*. 1063-4258, 2003, 09, Vol. 95(3), 591~596.
- [51] Kohiyama, Masayuki. Yamashita, Norihiko. Sato, Tadanobu. Hengjian, Lu. Maki, Norio. Tanaka, Satoshi. Hayashi, Haruo. Expansion of the Nishinomiya Built Environment database. *Natural Hazards*. 0921-030X, 2003, 07, Vol. 29(3), 501~522.
- [52] Wu, Huanmei. Norum, Becky. Salzberg, Betty. Kaeli, David. A database System to Advance Subsurface Sensing and Imaging. *Subsurface Sensing Technologies and Applications*. 1566-0184, 2003, 10, Vol. 4(4), 395~408.
- [53] Oğbreve, uz, Mustafa. An Application of Geographic Information System (GIS) to a Fictitious Thermal Power Plant in Mersin, Türkiye: An Application of Dispersion Modelling Coupled with GIS. *Water, Air, and Soil Pollution*. 0049-6979, 2003, 09, Vol. 148(1/4). 389~406.
- [54] De Corte, F.. The updated NAA nuclear data library derived from the Y2K k_0 -database. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 0236-5731, 2003, Vol 257(3), 493~499.
- [55] Weber, Allen H.. Buckley, Robert L.. Parker, Matthew J.. Harvey, Richard P.. Hamby, David M.. The Creation of an Historical Meteorological database for Environmental Dose Assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*. 0167-6369, 2003, 04, Vol. 83(3), 255~281.

致谢

时光荏苒，岁月如梭，三载已逝。回首三年来走过的路程，在前进过程中的每个阶段，我的亲人，朋友和老师都给我提供了莫大的帮助和支持，使我顺利地完成了硕士研究生的学业。

特别感谢我的导师王永刚教授给我提供了这次读硕士的机会，并且在繁忙的工作中经常抽出时间帮我解答工作、学习和生活中的各种问题。

本论文是在我的导师万剑华教授的悉心指导下完成的。在我几年来的攻读硕士生涯中，他给了我极大的关心、帮助和支持，使我在科研和工作能力等方面都有了很大的提高。尤其是在论文的写作中，从基本框架、基本理论到遣词造句，导师都给了我严格的训练和指导。

两位导师都工作一丝不苟，治学态度严谨，学术思想活跃开阔。他们勇于探索、不断创新的敬业精神，都给了我极大的影响，使我受益匪浅，终生难忘。在此，谨向王永刚教授和万剑华教授表示深深的感谢！

特别感谢东营市信息产业局赵军，在论文工作期间，耐心帮我解答疑难，细心指导我的研究和工作的。

论文工作期间，还得到了我的师姐郑红霞，师弟师妹孟慧、刘善伟、刘国庆、叶海波的帮助和愉快合作，在此向他们一并表示深深的谢意！

感谢研 03-02 班的全体同学，相互帮助，共同前进！

衷心感谢我的家人多年来给予我的关爱和支持。

最后，再次对所有关心、支持和帮助过我的老师、同学、亲人、朋友表示衷心的感谢，祝他们幸福、平安！

个人简历、在学期间的研究成果

1 个人简介

刘娜，女，汉族，中共党员。辽宁省凌源人。2003年7月毕业于石油大学（华东），获测绘工程专业工学学士学位；2003年9月进入石油大学（华东）研究生院攻读地球探测与信息技术工学硕士学位，研究方向为信息处理与应用。

2 发表论文

- [1] 万剑华,刘娜,马张宝.基于 OpenGL 的三维地层可视化控件的设计与实现,地质与勘探,已录用.
- [2] 万剑华,刘娜,马张宝,孟慧.“数字城市”的空间数据库的设计方法.工程勘察,已录用.