第 34 卷第 6 期
2001 年 12 月

武汉大学学报(工学版)
Engineering Journal of Wuhan University

Vol.34 No.6
Dec.2001

文章编号:1006 - 155X(2001)06 - 052 - 08

面向数字地球的地理信息系统的设计与实现

龚健雅,王艳东,王　密,熊汉江,王永君

(武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,湖北 武汉　430072)

摘要:数字地球作为一个战略目标在我国已被广泛接受,与此相关的数字中国、数字省、数字城市等工程正在全国如火如荼地展开.什么样的系统适应于构造数字地球、数字中国、数字省、数字城市的基础平台呢?从数字地球的基本构成、特点和当前技术的发展状况来分析和介绍适应于构建数字地球的新一代 GIS 软件的设计与实现.

关键词:数字地球;面向对象;集成化空间数据库;GIS

中图分类号:P 208　　**文献标识码**:A

美国前副总统戈尔在《数字地球——认识二十一世纪我们这颗星球》一文中描述道:一个女孩打开计算机,头戴头盔,一开始她从外空看到一个地球球体;放大,她看到了山川、河流;再放大,她看到了城市;又放大,她看到了一个博物馆,进入博物馆,浏览各种感兴趣的景物.这一段话被认为勾画了数字地球的轮廓和特点.从技术上说,它隐含了三个最主要的特点.一个是多比例尺空间数据库的问题,我们观察数字地球需要逐级放大,要有不同的景物细节层次,因而我们需要建立多种比例尺的空间数据库,或者用一种技术能够快速调用和显示不同分辨率的数据.第二个是多数据源问题,在我们观察数字地球时,必定需要图形、影象和三维高程数据[1],否则算不上是数字地球,特别是影象和 DEM 数据,它们是数字地球的基础.第三个技术是虚拟现实技术,如何再现一个逼真的"反映灵敏"的虚拟现实世界.其实现虚拟现实的技术基础是图形、影象和三维数据的集成以及多层次细节(LOD)数据的组织与表达.

无疑,构造数字地球的基础是数据库技术和地理信息系统技术.传统的关系数据库管理系统在规范化表格属性数据管理方面已经非常成熟,并且具有网络分布式管理能力,但是它在空间数据的管理方面的研究起步太晚,最近一些著明的商用关系数据库管理系统才加入二维图形数据管理功能,如 Oracle、Informix、Ingres 等,实现了图形与属性数据的统一管理.传统的地理信息系统以二维图形数据处理为基础,实现图形与属性的管理和查询及分析[2].早期的地理信息系统是采用图形与属性分开存贮内部连接的方式实现图形与属性的有效管理与结合[3,4].最近,一些 GIS 软件纷纷采用对象关系数据库管理系统同时管理图形和属性数据[5,6].但是无论是数据库管理系统,还是地理信息系统,目前都还没有有效成熟的方法同时管理图形、属性、影象和三维高程数据[7],而多比例尺问题也没有得到有效的解决.

本文讨论构造数字地球中的两个关键性技术问题,图形、属性、影象、DEM 集成化空间数据模型及多比例尺空间数据模型,并根据当前计算机软件技术的发展,介绍基于多比例尺、多数据源空间数据库模型的新一代 GIS 软件 GeoStar 4.0 版的实现技术.

1　多比例尺、多数据源空间数据库模型

由武汉大学(原武汉测绘科技大学)与武汉吉奥信息工程技术有限公司开发的国产自主版权的地理信息系统基础软件 GeoStar,从一开始设计就采用多比例尺、多数据源的空间数据库模型[8,9].这一模型在 GeoStar 3.* 版采用文件与关系数据库管理系统相结合的方式予以实现,属性数据由关系数据库管理系统管理,图形、影象和 DEM 数据由文件系统管理.

收稿日期:2001 - 10 - 25

作者简介:龚健雅(1957 -),男,江西樟树人,教授,博士生导师,主要从事地理信息系统的研究.

万方数据

随着地理信息系统技术和数据库管理系统技术的发展,一些大型关系数据库管理系统加入了对象关系模型,扩展为能够同时管理图形和属性数据.GeoStar 4.0 版紧跟这一技术的发展,将 GIS 的图形数据和属性数据均交由对象关系数据库管理系统如 Oracle 的 SDC 管理.同时对 SDC 进行再扩展,使它不仅能够同时管理图形和属性数据,而且能够同时管理影象和 DEM 数据.图 1 是 GeoStar 4.0版的空间数据库模型.

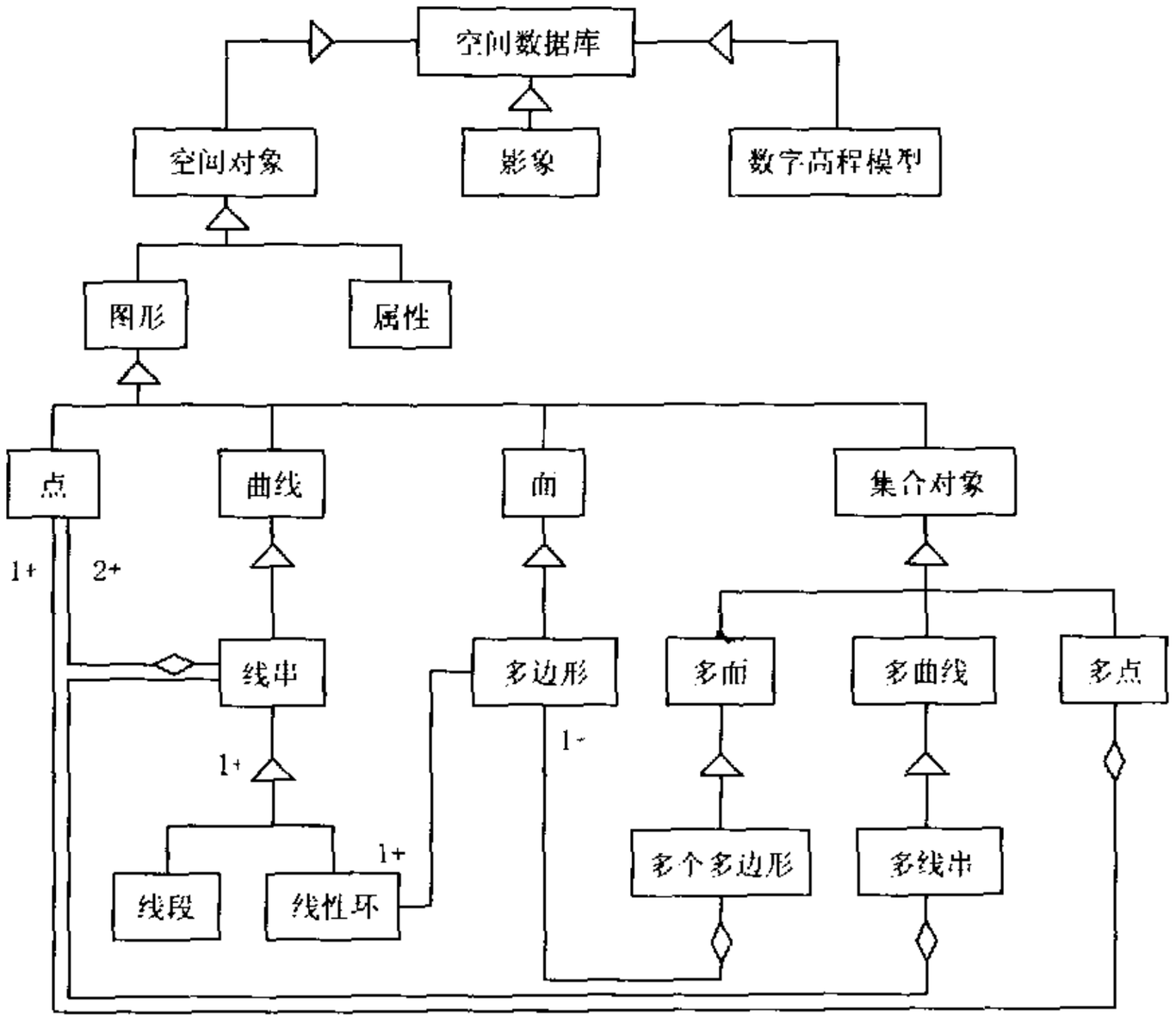


图 1　GeoStar 4.0 版空间数据模型

从图 1 可以看出,GeoStar 4.0 版中的空间数据库实际可包含三部分的内容,空间对象、影象和 DEM.而空间对象又由图形数据和属性数据组成,它们都由商用数据库管理系统管理.一个空间对象的图形数据和属性数据可以存贮在一条记录上,也可以分开存贮.图形数据又根据它们的几何特性不同分为点、线、面、集合对象等.这些几何数据的数据结构和数据模型又由所选定的对象关系数据库管理系统决定,图 1 所示的几何图形部分的结构是 Oracle 8i SDC 的数据模型,其他数据库管理系统空间数据的模型与它略有区别.

以上模型反映了各种空间数据的关系及其组织方法,但是它还不能反映多比例的概念.GeoStar 的另一个特点是实现了多比例各种空间数据的统一管理.下面详细讨论多比例尺空间数据库模型.

对于一个大范围的空间数据库,理想的模式应该是用计算机存贮最底层的一个最大比例尺的空间数据,当需要不同比例尺显示和制图时,从这一基础空间数据库提取数据,进行自动综合和抽取,得到我们所需要的数据.但是在技术上有两个问题目前还没有解决,一是空间数据自动综合问题,第二是效率问题.矢量数据的自动综合目前还是一个难题,达不到实用要求.影象和 DEM 数据的自动抽取虽然可以达到实用要求,但目前计算机的数据读取效率和运算效率也不能满足实时漫游显示的要求.例如,如果要显示一个大的影象数据库的全景时,若全部从底层抽取数据,可能要读取和遍历几百 G 的数据,需要花费很长的时间才能显示出来.因而一个现实的方案,是预先建立多比例尺的空间数据库,应用时根据不同的显示比例尺或制图比例尺调用不同比例尺数据库的数据.多比例尺空间数据库可以根据需要和数据源的情况建设.图 2 是一个参考模型.

不同的数据源,多比例尺数据库的建立方式不

万方数据

同.抛开地图综合的概念,仅从数据抽取的角度考虑,建立一个矢量数据库,可以通过设置不同显示比例尺,用 LOD(Level of Detail)和类似方法自动抽取各层的数据.图 3 所示即为一个矢量数据库中通过设置不同显示比例尺的制约条件,所显示抽取的数据.

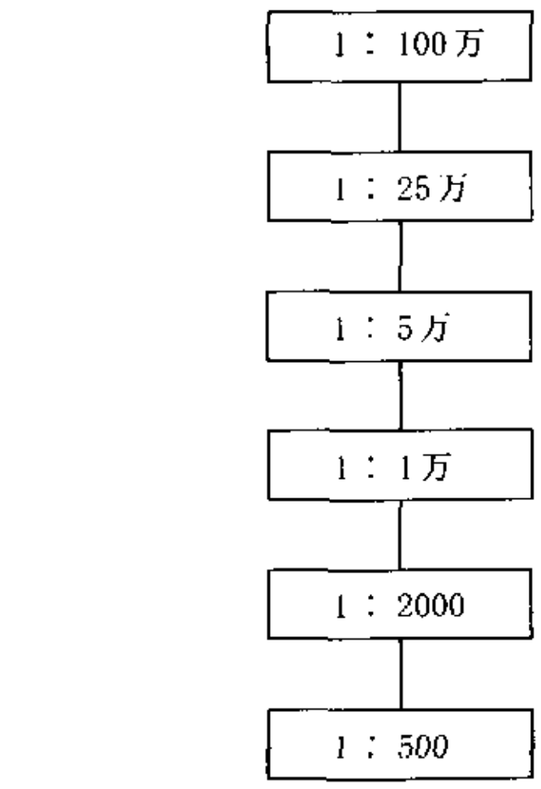


图 2 多比例尺空间数据库参考模型

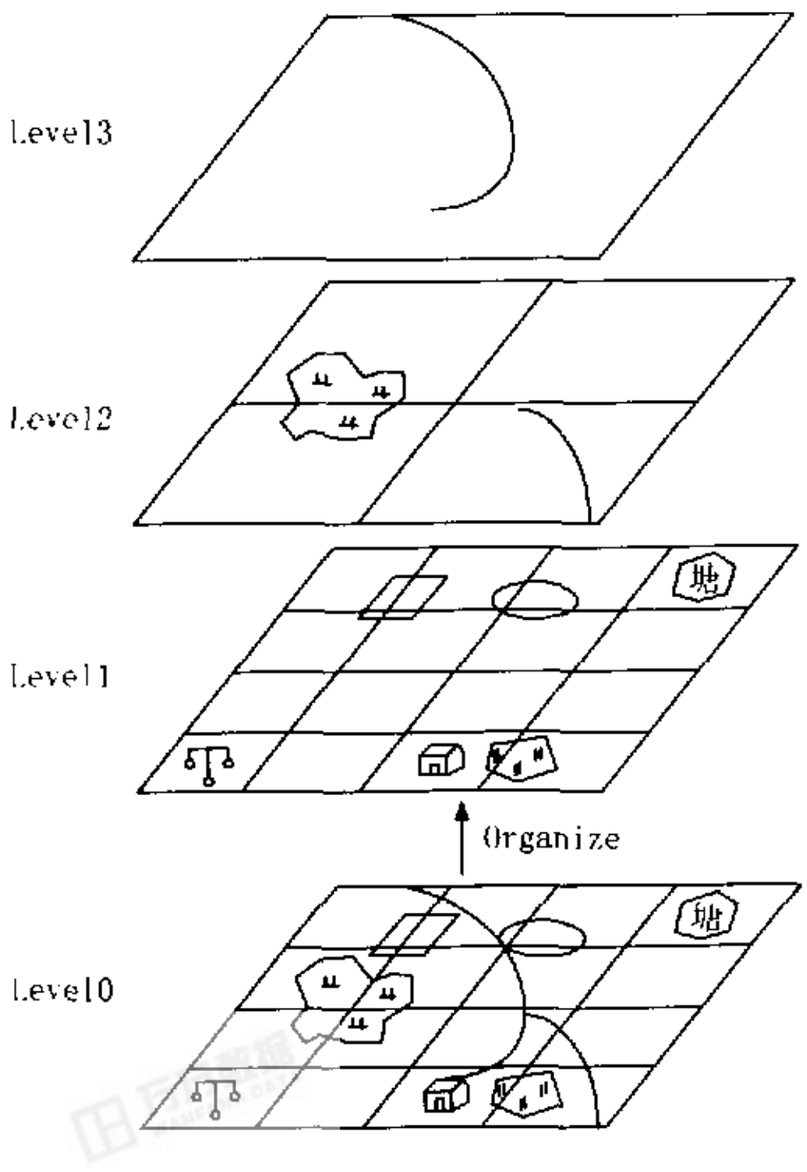


图 3 显示不同比例尺的矢量数据

影象和 DEM 数据属于场空间数据或者称块数据,从自动抽取概念上说,如果用小波方法进行多尺度分解,它是比较容易实现的,但是由于数据量太大,磁盘的调用时间长,所以需要分多比例尺、分块存贮.一个比例尺可以作为数据库的一个文件,或一张表,一块数据存贮为一条记录,除记录数据体以外还要记录位置信息和有关的元数据.图 4 为多比例尺影象数据库模型,多比例尺 DEM 数据库模型与它类似.

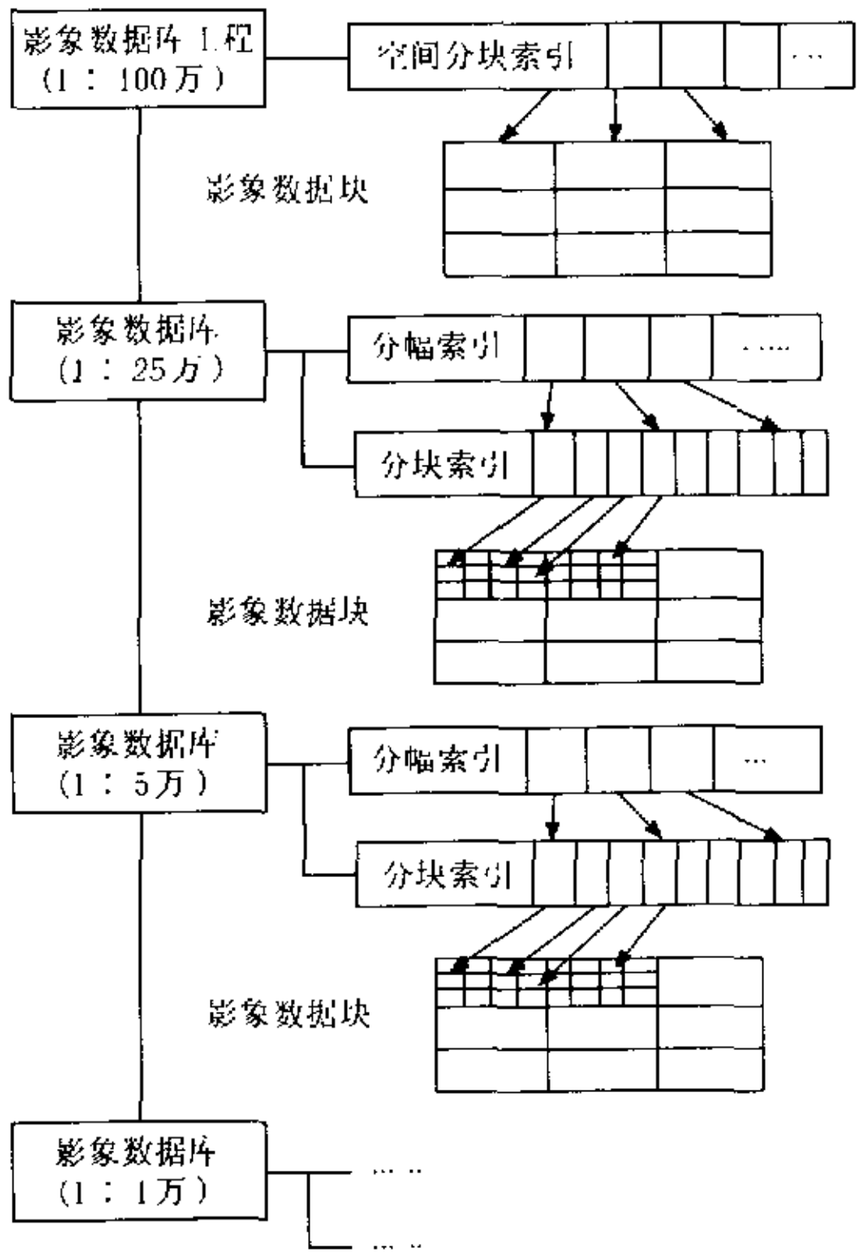


图 4 多比例尺影象数据库模型

2 基于多比例尺多数据源数据模型的 GIS 软件系统的实现技术

当代 GIS 发展有两项重要技术:一项是采用商用的对象关系数据库管理系统管理图形和属性数据;一项是采用组件技术作为软件系统的开发方法和体系结构.对于采用关系数据库管理系统同时管理图形和属性数据有两种方案:一种是 GIS 厂家自行在商用关系数据库管理系统之上开发一个中间件,使传统的关系数据库管理系统扩充为能够管理图形数据[10],如 ESRI 的 SDE 和 MapINFO 的 Spatialware 等;另一种方案是数据库管理系统厂商自

万方数据

行扩展,增加空间数据管理功能,如 Oracle, Informix, Ingres 等. GeoStar 4.0 采用第二种方案,直接连接关系数据库管理系统的空间数据管理模块.同样,组件技术也有两种标准,一种是以微软为首制定的 COM/DCOM 标准,另一种是软件联盟制定的 CORBA 标准[1].由于微软产品广泛应用,而且 COM/DCOM 比较容易掌握,GeoStar 4.0 采用 COM/DCOM 标准.下面较详细地介绍 GeoStar 4.0 版的实现方法.

图 5 所示为 GeoStar 4.0 版的软件体系结构.

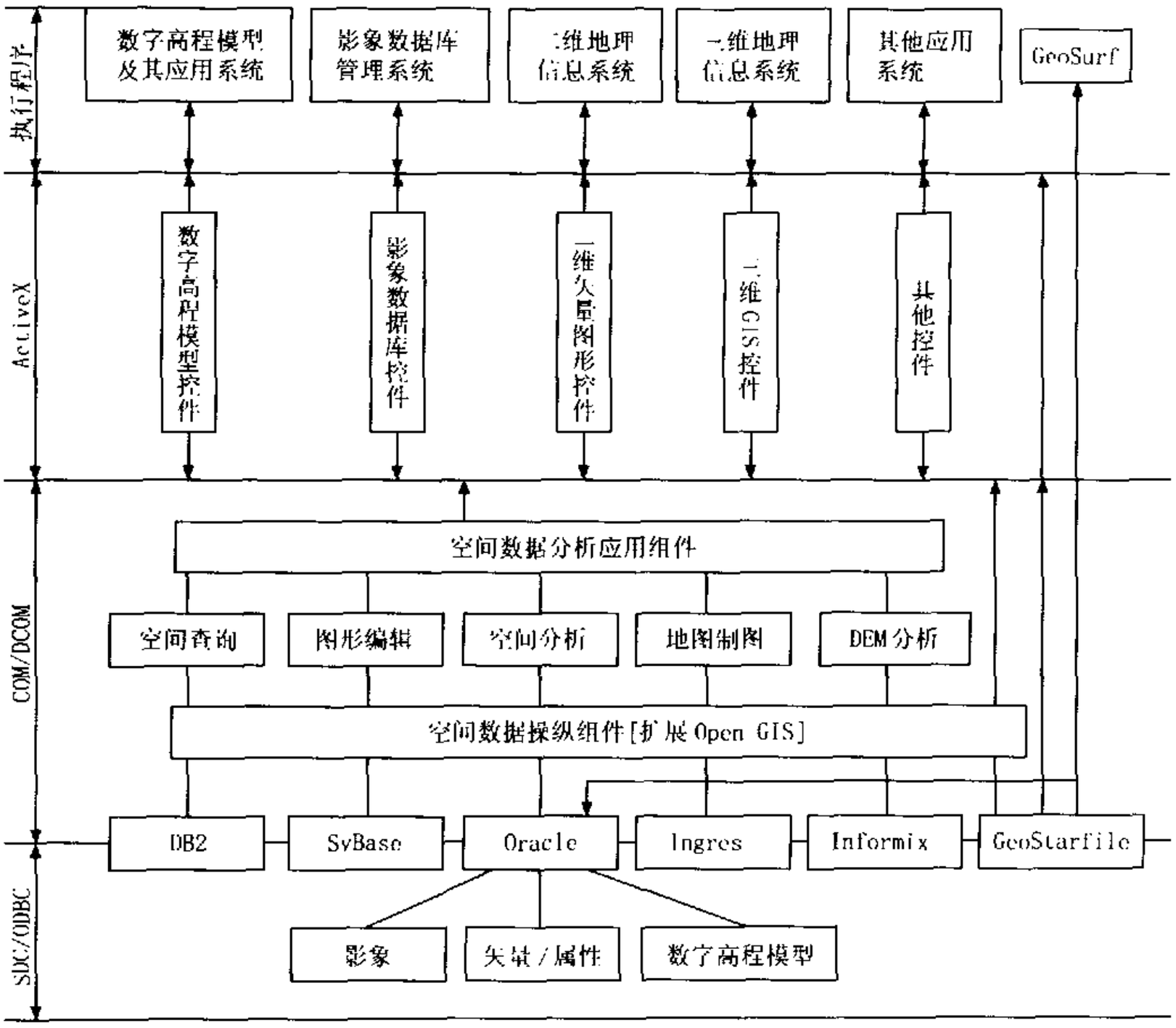


图 5　GeoStar 4.0 版的软件体系结构

在图 5 中,最底层的空间数据操纵组件遵循 OGC 的 Open GIS 标准,但是 Open GIS 的当前版本不包括影象和 DEM 数据的管理,也不包括写空间数据及并发操作等方法.所以我们对它进行了扩展,使它能够管理和读写图形、属性、影象和 DEM 数据.这一组件不仅能连接 GeoStar 3.* 版本的数据,也能够连接 Oracle、Informix、Ingres、DB2 等数据库的数据.在空间数据操纵组件之上是一系列空间查询、编辑、分析、制图等组件.这些组件是相对独立的,它采用纯 COM 技术,而不依赖于微软的 ActiveX,它们与窗口界面没有关系,负责数据的处理、管理及分析应用.在这些组件之上,采用 ActiveX 进行包装,或者说设计控件.ActiveX 是微软为了用户便于实现和使用组件技术而提供的一种开发工具.它与窗口界面有关.使用 ActiveX 我们可以开发一系列控件,如数字高程模型及应用的控件、影象数据库管理系统的控件、二维矢量图形控件、三维 GIS 控件等等.这些控件都可以调用下面的组件进行空间数据存贮和空间查询与分析.但是控件并不是应用系统,控件只是提供了一个窗口框架和一些散件,用户要开发应用系统还要将控件和底层的组件进一步装配成应用系统.GeoStar 各个基本模块装配了完整的系统,如数字高程模型及其应用系统、影象数据库管理系统、二维地理信息系统、三维地理信息系统等,用户自己亦可以根据我们提供的控件和组件开发应用系统.另外,Internet GIS—GeoSurf 由于目前是用 Java 语言开发的,所以作为一个独立的模块,它能够从远程调用 GeoStar 3.* 文件

万方数据

的数据 GeoStarfile,也可以调用 Oracle 等关系数据库管理系统的数据.各个组件又可以进一步划分.

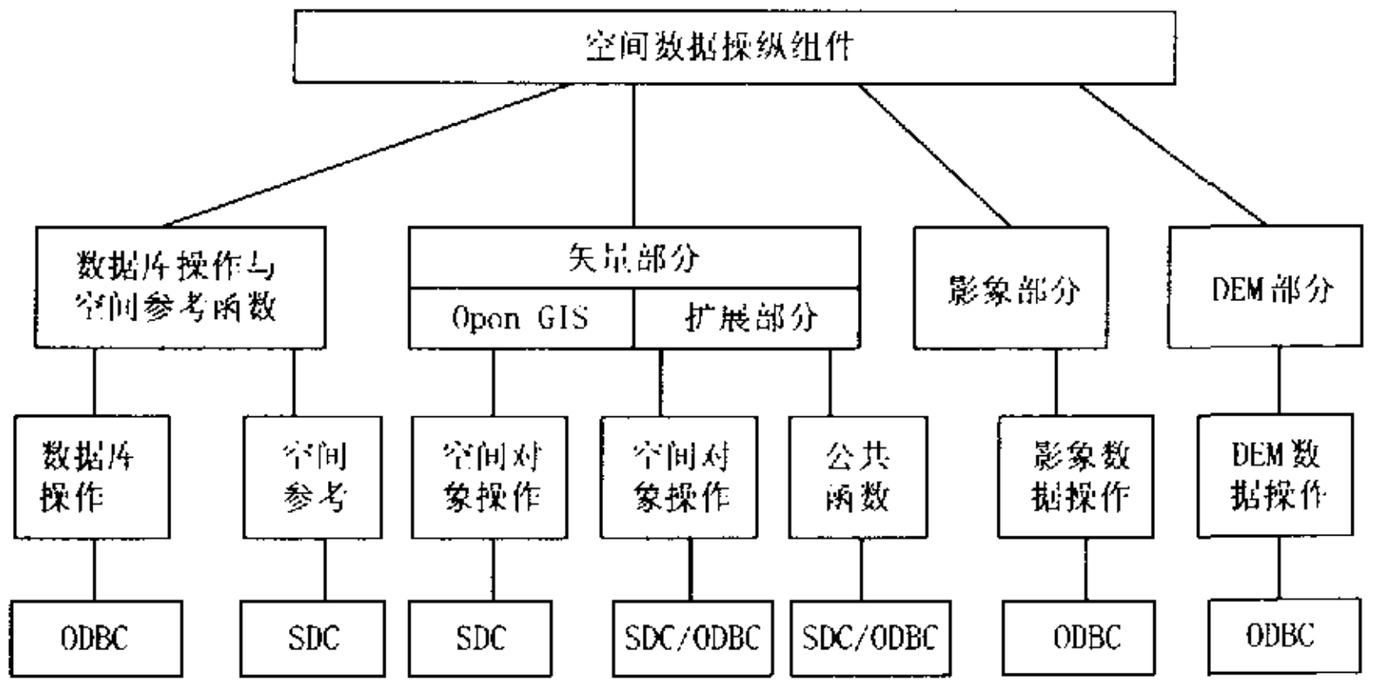


图 6 空间数据操纵组件

3 实例与结论

GeoStar 实现了多比例尺多数据源空间数据管理,一个图形、影象和 DEM 数据集成管理的例子如图 7 所示. 一个多比例尺影象数据库管理的例子,如图 8 所示.这一技术是在现有数据库管理系统技术和地理信息系统技术之上加以扩充实现的,它解决了数字地球中的两个核心技术问题.同理,这也是数字中国、数字省、数字城市所必须解决的问题.数字城市一般需要建立三维城市模型,它是在多比例尺矢量、影象、DEM 集成化空间数据库基础上叠加建筑物、道路、桥梁等三维目标及纹理,如图 9 所示.

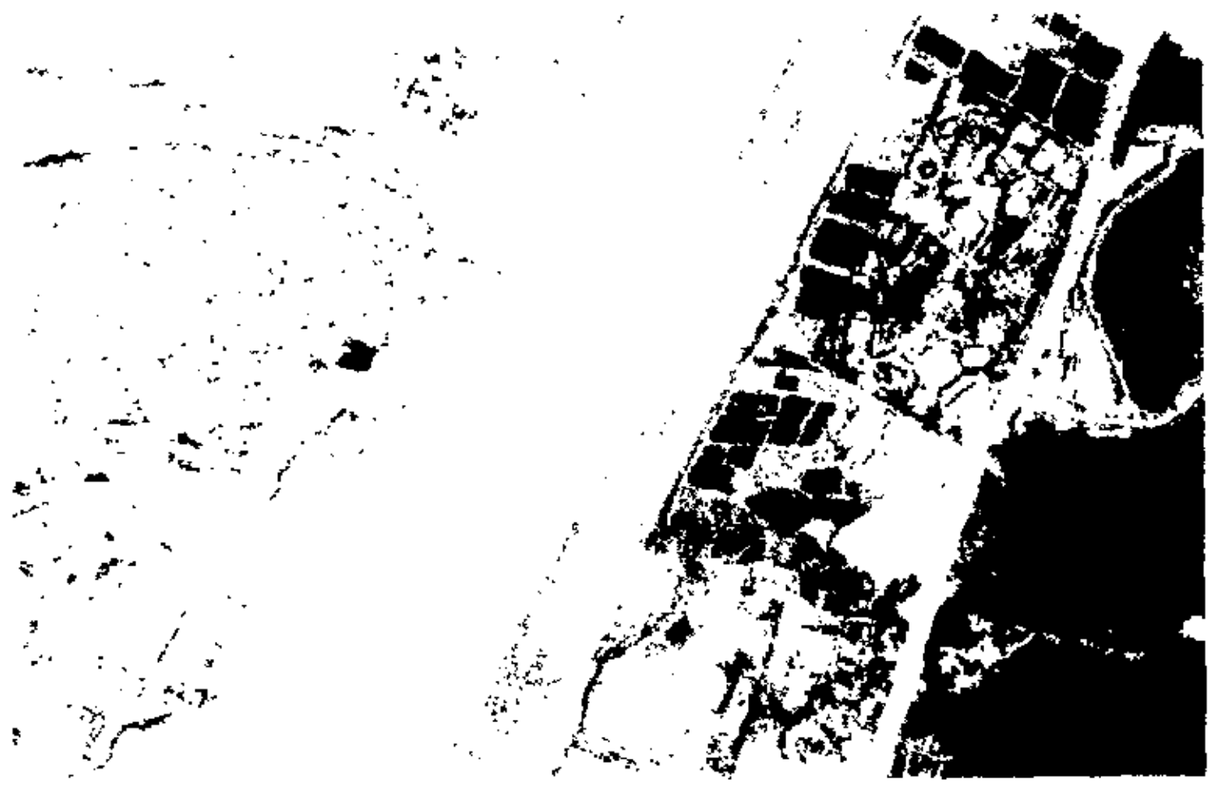


图 7 图形、影象和 DEM 数据集成管理示例

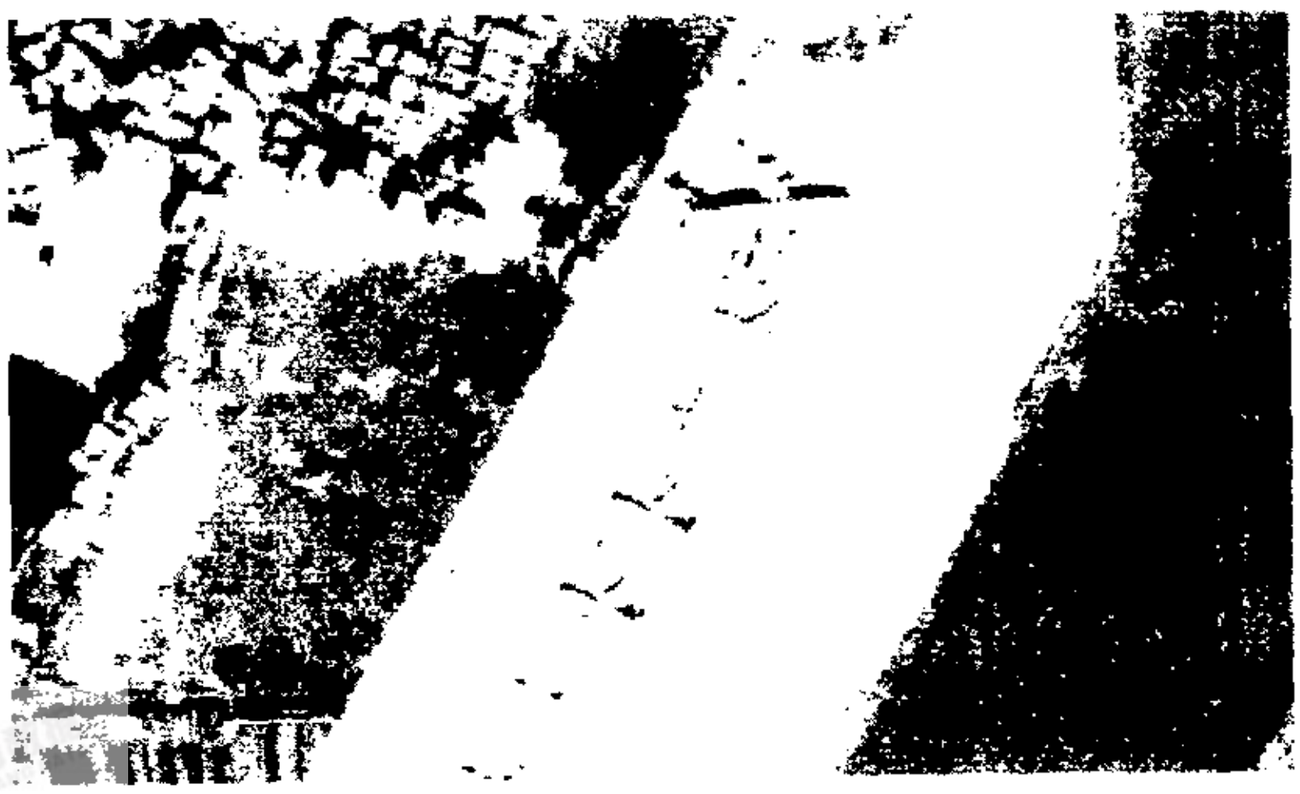
万方数据



(a)1:100 000



(b)1:50 000



(c)1:10 000

图 8　多比例尺影象数据库管理示例

万方数据

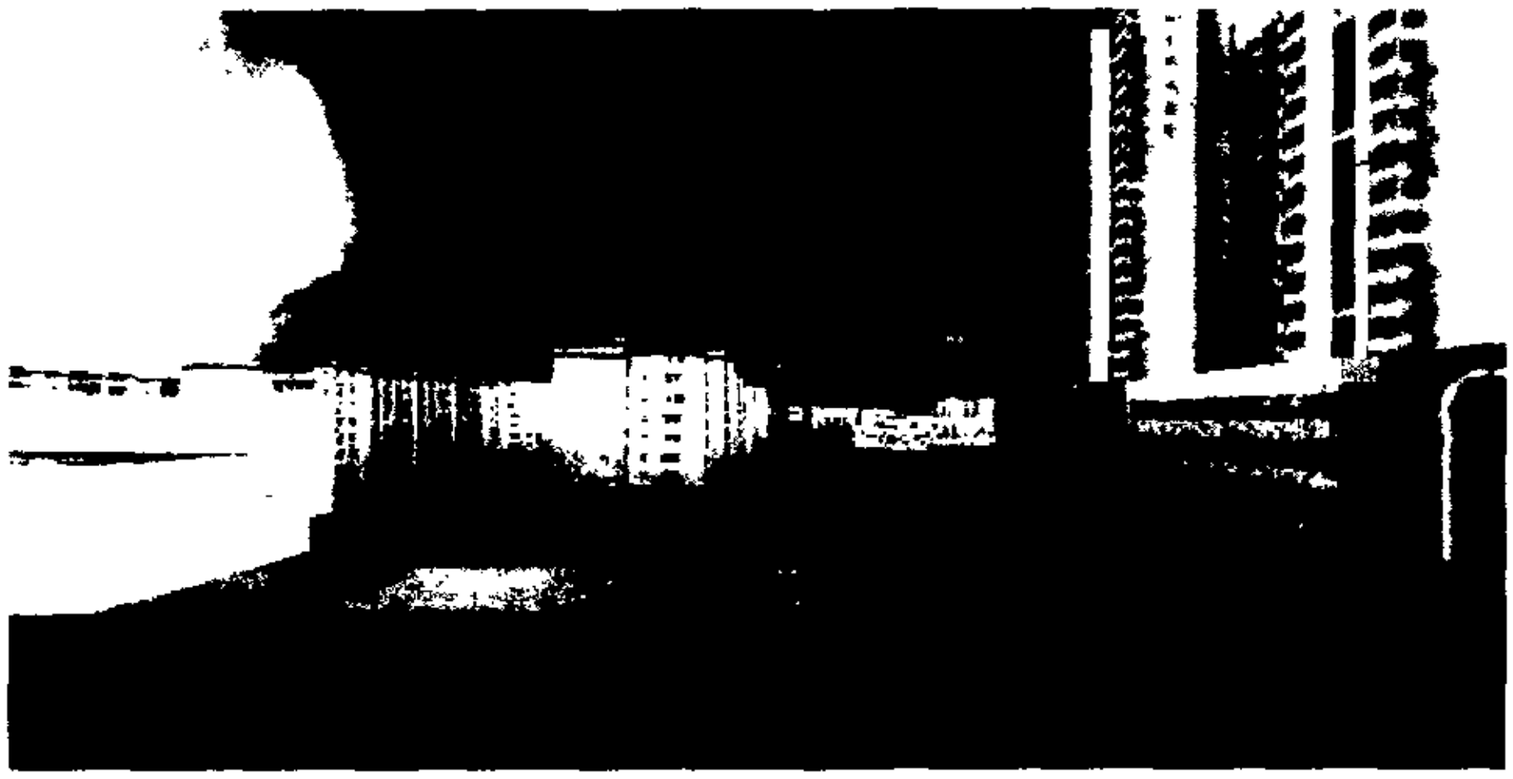


图9 数字城市三维模型

参考文献:

[1] Ehlers E. Integration of remote sensing with geographic information: *a necessary evolution*[J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1989(11):1619 - 1627.

[2] Fritsch D. Object-oriented management of raster data in geographic information system[A]. 16th Congress of ISPRS, B4, Kyoto, 1988.354 - 362.

[3] Figueroa D. Integrated GIS discussion and examples[A]. Proceedings of EGIS'90 Amsterdam, 1990.327 - 330.

[4] Gong Jianya. A proposal for China GeoSpatial Data Transfer Format[A]. Proceedings of CAGIS'98 Conference, 1998. 257 - 263.

[5] Gong Jianya, Li Deren. Object-oriented model based on the unified data structure[A]. Archives of 17th ISPRS, Washington D.C., 1992.772 - 779.

[6] Li Aiqin, Gong Jianya, Li Deren. Organizing for large seamless geographical databases[J]. Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, 1998.23 (1):57 - 61.

[7] USGS. Spatial Data Transfer Standard[S], 1992.

[8] Gong Jianya, Li Deren. Object-oriented and integrated spatial data model for managing image, DEM, and vector data [J]. *The Journal for imaging and geospatial information science and technology*, 2000.66(5):619 - 624.

[9] 龚健雅,朱欣焰,朱 庆,熊汉江. 面向对象集成化空间数据库管理系统的设计与实现[J].武汉测绘科技大学学报,2000(4):289 - 293.

[10] 李德仁,关泽群.空间信息系统的集成与实现[M].武汉:武汉测绘科技大学出版社,2000.

[11] 龚健雅,李 斌.当代GIS的若干理论与技术[M].武汉:武汉测绘科技大学出版社,2000.

Design and implementation of an object-digital earth GIS

GONG Jian-ya, WANG Yan-dong, WANG Mi, XIONG Han-jiang, WANG Yong-jun

(State Key Lab. of Information Engineering in Surverying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: One basic idea of digital earth is to cover the surface with high-resolution remote sensing images, and by means of digital elevation model(DEM) covering the world, to establish the virtual landscape of the earth. In the establishment of these models, the integrated management of image data, DEM and vector data are in great demand. The commercial geographic information system(GIS) software packages can handle the large spatial database with vector data format. However, most of them are not efficient enough to manage image database and DEM database. Therefore, it is necessary to develop a spatial database management system that can integrate various data.

万方数据

This paper brings forward a vector, image and DEM integrated spatial data model on the basis of the object-oriented idea. It also discusses the implementation method of this integrated spatial database management system. The spatial database management system has been used in the construction of China Spatial Data Infrastructure as the base of a GIS software, GeoStar. It reveals that the system has high efficiency and feasibility to manage national, provincial and city spatial data of multi-scales and multi-sources.

Key words: digital earth; object oriented; integrated spatial database; geographic information system(GIS)

(上接第 51 页)

Function of digital province and digital city in territorial planning and urban construction

LI De-ren

(State Key Lab. of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: This article explains the meanings of digital province and digital city based on the description of the concept of digital earth and cyber city, then puts forward its general constructive framework, and analyzes in detail its functions in the sphere of territorial planning and urban construction. It is proved that the digital province and digital city are one of the direction of info-society development in the new era.

Key words: digital earth; digital province and digital city; territorial planning and management; urban planning and construction

万方数据