

基于空间数据库技术的地籍管理系统研究

潘瑜春^{1,2}, 钟耳顺², 梁 军²

(1. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100089; 2. 中科院地理信息产业发展中心, 北京 100101)

摘要: 随着 GIS 应用的深入发展, 以文件管理空间数据的方式已不能满足当前 GIS 应用的需要, 而空间数据库技术正是为解决 GIS 应用的企业化和社会化问题而发展起来的新技术, 空间数据库技术及其应用研究是当前 GIS 技术研究的热点。本文分析了空间数据对象、空间数据库、空间数据库技术及其实现, 研究了基于空间数据库技术的地籍管理系统在空间数据共享、海量数据管理、大范围查询检索、分布式空间数据处理与维护、地籍制图、数据安全控制等方面的应用实现, 通过具体应用系统建设, 提出了基于空间数据库技术的地籍管理信息系统的解决方案。

关键词: 空间数据对象; 空间数据库; 空间数据库技术; 地籍管理系统; 应用

中图分类号: P208; P273 **文章编号:** 1000-0585(2003)02-0237-08

1 引言

建立地籍管理信息系统是促进土地业务管理科学化、规范化和信息化, 以及提高土地业务管理和决策水平的前提, 是当前地籍管理部门共同关心的问题。企业化的地籍管理信息系统对空间数据与属性数据的无缝管理、大范围查询检索、空间数据完整性和一致性维护、海量数据管理、分布式数据处理与维护、事务处理、地籍制图和数据安全性控制等方面提出了更高的要求。以文件管理空间数据的形式在数据维护一致性、安全性、数据共享等都不能满足地籍管理的需要, 因此当前迫切要求研究和采用新的空间数据库管理机制。

随着具有工业化标准的商业关系数据库管理系统的发展和成熟, 充分利用 RDBMS 数据管理的功能, 使空间数据与非空间数据一体化集成, 能够实现真正的 Client/ Server 和 Browse/ Server 结构, 这将成为 GIS 发展趋势^[1~10], 如采用标准化的 SQL 语言对空间与非空间数据进行操作, 以及关系数据库的海量数据管理、事务处理、并发控制等实现海量空间数据管理与处理维护。本文分析了空间数据对象、空间数据库及空间数据库技术的组织实现, 并进一步分析了空间数据库技术在地籍管理中的应用, 最后提出了基于关系数据库技术的地籍管理信息系统的解决方案, 并且在具体系统中得到很好的应用。

2 空间数据库技术

2.1 空间数据库

空间数据库是空间数据集合, 它实现对具有一定地理要素特征的相关空间数据集合的统一管理, 空间数据间紧密联系共同反映现实世界中某一区域内综合信息或专题信息间的

收稿日期: 2002-07-05; 修订日期: 2002-10-19

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目 (KZCX1-Y02)

作者简介: 潘瑜春 (1971-), 男, 安徽歙县人, 博士。主要从事遥感与地理信息技术应用研究。

联系，主要应用于地理空间数据处理和分析。空间数据库管理的是空间数据对象（如图 1），不同与一般数据对象，空间数据对象是具有几何属性约束的数据对象。现实世界中的实体都是处于一定的时空中，抽象为信息世界中的数据对象应该具有一般属性（Attributes）、时间属性（Temporal）、几何属性（Geometry，包括位置和形状）和行为（Behavior）等特性^[11]，然而一般数据库管理的是不包含几何特性的数据对象，具有属性不完整。相对于空间数据对象来说，一般数据对象是更高水平的抽象概括。

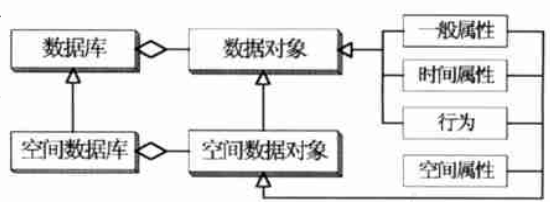


图 1 数据库及数据对象
Fig. 1 Database and data object

一类数据对象（一个专题）对应数据库中的一个表，空间对象属性映射为关系数据库中的列（Column）或字段（Field），而对象行为则是对象的方法（Methods）和表述有效性规则的元数据表，每个空间数据对象对应一条数据纪录（如图 2）。空间数据对象的几何属性对应的字段是一种复杂的数据类型，因此对于空间数据库来说，它的一个关键问题是如何利用独立于关系数据库系统的统一数据模型处理反映空间数据对象几何属性的数据类型。

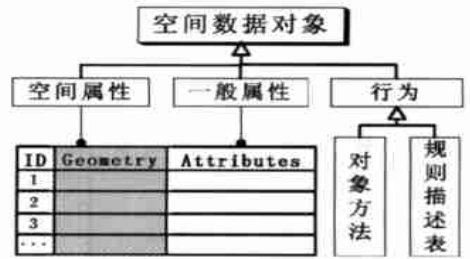


图 2 空间数据对象与关系数据库映射关系
Fig. 2 Mapping from spatial-data object to database

2.2 空间数据库技术

空间数据库技术是为实现用关系型数据库管理系统（RDBMS）管理空间数据，主要解决存储在关系数据库中的空间数据与应用程序之间的数据接口问题，即空间数据库引擎（Spatial Database Engine）。更确切地说空间数据库技术是解决空间数据对象中几何属性在关系数据库中的存取问题，其主要任务是：（1）用关系数据库存储管理空间数据；（2）从数据库中读取空间数据，并转换为 GIS 应用程序能够接收和使用的格式；（3）将 GIS 应用程序中的空间数据导入数据库，交给关系数据库管理。因此空间数据技术是空间数据进出关系数据库的通道。

空间数据库技术通过 RDBMS 中的表来管理地理目标（空间数据对象）的空间信息，但多数 RDBMS（如 Oracle、SQL Server 等）不支持诸如点、线、面等空间数据类型，目前空间数据库技术基本采用二进数据类型存储管理空间信息。随着 GIS 应用的发展，影像、DEM 数据，及其它栅格数据成为 GIS 数据库的重要组成部分，但二进制类型只能存储一般的图形数据，因此采用二进制数据类型不能满足 GIS 空间数据管理的需要，而二进制数据块（BLOB）为这一问题提供了较好的解决方案^[12,13]，如 SuperMap 就是用它来存储空间信息的。

空间数据库技术的另一个解决方案是利用扩展型的 DBMS 定义点、线、面等抽象的空间数据类型及其相关函数接口，或利用对象关系数据库定义点、线、面等空间数据对象和空间数据对象的方法、属性以及有效性规则，这样可以像对一般数据类型一样操作空间数据。对于这种方案，目前所要解决的关键是基于空间数据类型和空间操作的扩展 SQL 及

其规范。

2.3 空间数据库技术的发展现状

目前能够支持用大型关系数据库管理空间数据有 ESRI 的 SDE、Oracle 的 Spatial Cartridge、Informix 的 Spatial Datablade、MapInfo 的 SpatialWare 等^[14~18]，国产 GIS 软件 SuperMap 也支持关系数据库存储管理空间数据，它们构成了能为 GIS 应用系统提供和管理空间数据的服务器。OpenGIS 联盟已提出了《SQL 的简单空间特征规范》（“OpenGIS Simple Features Specification For SQL”），以上所述的 GIS 软件产品都遵从该规范^[11,15]。采用关系数据库管理空间数据库将成为 GIS 发展潮流，这将增加空间数据的互操作性，并使 GIS 融入 IT 行业，最终使 GIS 应用真正走向企业化和社会化。

3 空间数据库技术在地籍管理系统中的应用

3.1 高效空间数据组织

运用关系数据库管理空间数据在一个数据表中存储的数据量不再受到限制，因此可以实现存储管理海量空间数据。同时数据库的强大查询机制可以更快更高效地访问数据，因此可以对空间数据进行空间无缝组织管理，保持了空间实体的完整性（如图 3）。

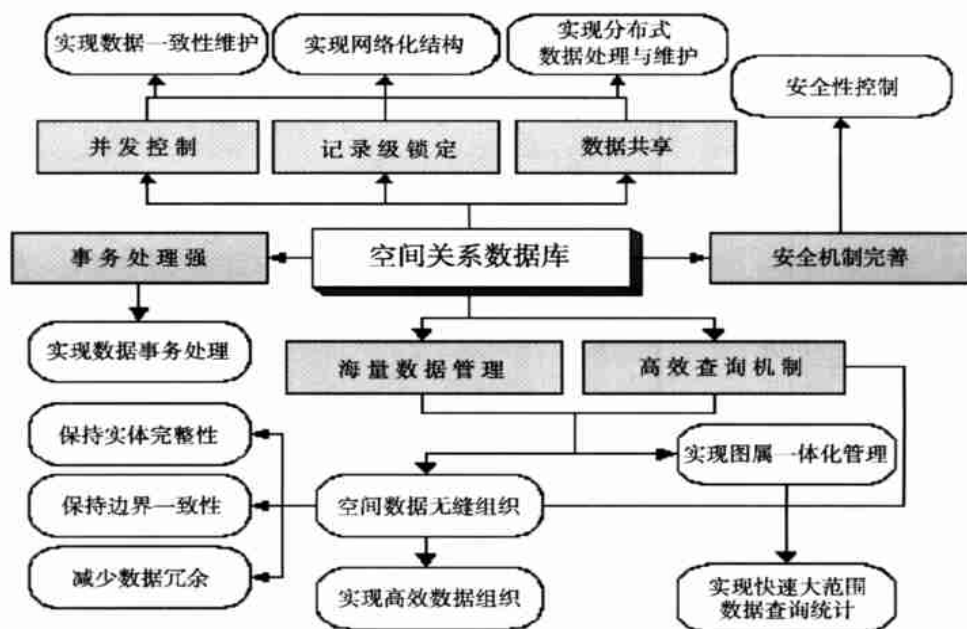


图 3 空间数据库技术在地籍管理系统中的应用

Fig. 3 Application of spatial-database techniques used in cadastral management system

如果以文件形式管理空间数据需要将整个区域分块（Tiles）管理（如一般按图幅管理），处在分块边界上一个完整的空间实体（如宗地、建筑等）将被分割成多个空间实体，破坏了实体的完整性，还可能产生边界不一致性，同时也增加了数据冗余。

另一方面分块管理产生数百上千个文件或数据集，这样给数据组织管理带来不便，系统开发难度大。一个中小城市若按图幅分块管理，则一个专题要素层就可达千余个文件或

数据集。然而在关系数据库中一个专题要素为一个表，只要打开数据库就可以很自由地使用该数据库中所有数据层，如图 4 所示。值得一提的是 SuperMap 采用复合文档技术，其 SDB 文件是双图库结构。一对 SDB 和 SDD 文件可以存放多个数据集（SDB 管理存储空间数据，SDD 存储管理属性数据），即一个 SDB 数据源可以存放多个诸如 ArcView 的 Shape 文件、Map Info 的 Tab 文件等之类的数据文件。采用 SDB 文件大大提高了空间数据组织的效率，增强了数据组织的灵活性，如根据需要一个 SDB 管理一个或多个相关的专题要素，或以一个 SDB 管理一个块内的所有专题要素。

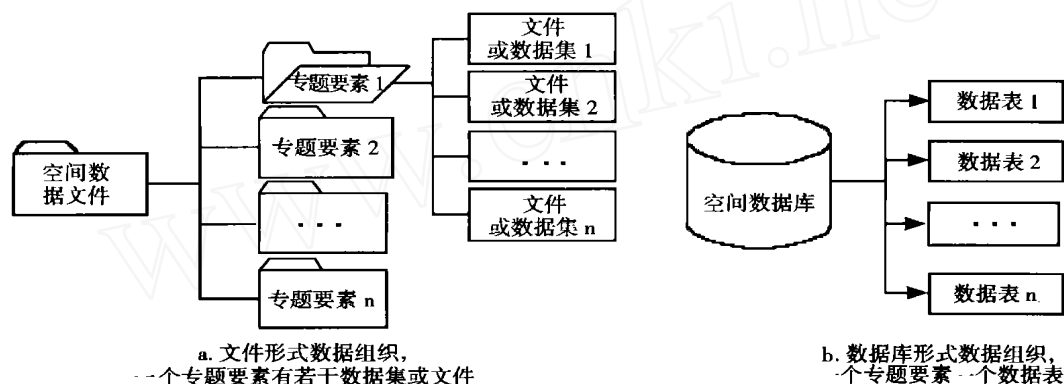


图 4 数据库和文件形式空间数据组织比较

Fig. 4 The difference of spatial-data organization between database and file

3.2 事务处理与分布式数据处理

事务是数据库的基本工作单位，是用户定义的一组操作序列^[1]。地籍管理中数据处理具有长事务性，需要数据能够共享的同时，具有事务处理能力。在地籍管理中，根据定义的一组操作序列的操作多少，以及操作的时间长短，可将事务处理分为两个部分：短事务处理和长事务处理。当删除一个宗地时，首先要删除与宗地相关的界址点，以及宗地界之点关系，再删除宗地，构成一个相对较短的事务。而整个土地登记过程从申请到发证入库是一个由多部门协同操作共同完成的过程，数据处理周期相对较长，一般需要十几个工作日，如果项目审核或审批不能通过，则要返回到申请登记前状态，因此构成一个长事务处理过程。根据以上分析，在地籍管理系统管理中要求对空间数据操作同时具有事务处理能力，采用数据库管理空间数据，可以利用数据库管理系统的强事务处理能力使这一问题得到解决。

地籍管理中的空间数据是分布式的，包括数据分布和数据操作两个方面。若要使数据实现大区域范围内的数据共享需要基于 Internet/ Intranet 技术构建，并采用客户/服务器结构或浏览器/服务器结构。数据库不依赖于操作系统，只要指定数据库的服务地址便可以访问数据库中的数据，因此数据库能够适应这一要求。

地籍管理中数据处理具有长事务特点，因此锁定整个文件的方式在多用户并发操作时容易引起共享冲突。然而地籍管理数据变更比较频繁（如在地籍管理中土地变更登记是一项日常性业务），相邻空间实体同时或在较短时间内变更是经常发生的，因此这种多用户并发操作又经常是必须的。如果以文件管理空间数据时，只能将块（文件数据覆盖的区域）分得更小些，但这样文件数目又会增加很多，给数据组织管理带来困难，因此很难在

这两者之间找到一个平衡点。数据库锁定对象可以是一个记录，并发度很小^[19]，因此采用数据库管理空间数据可以彻底解决这一问题。

由于采用数据库管理能够很好地解决数据共享问题，不需异地存储多份数据，所以不会产生多份数据不一致或异地数据维护不同步现象，每次递交事务后便能在数据库中得到反映。

3.3 大范围数据查询统计

查询统计是地籍管理使用频率较高的功能之一，尤其是土地统计，是土地宏观管理的一项重要内容^[20]，采用数据库管理空间数据可以大大提高数据查询统计效率。数据查询统计效率的提高主要从以下三个方面实现：(1) 数据库本身的强大查询机制对数据访问的效率；(2) 实现空间与属性一体化管理，一般可以在一个表内完成，无需通过关联表实现查询统计；(3) 实现空间数据无缝组织管理，在对大区域管理时不需要跨很多文件进行查询统计，如以街坊为划分单元的文件形式管理空间数据，则在查询或统计某区内商业用地时需要搜索包含在该区内的所有用地层的文件，这样效率很低。

3.4 数据安全性控制

数据的安全性是地籍管理中对数据管理的一个重要要求，包括防止数据库的非法使用、随意扩散和数据破坏后的恢复等，应采取一定的措施，如规定数据使用权限，限制非法用户进入系统，数据备份和恢复等。如果采用文件形式管理，数据使用权限控制较差，数据备份主要通过人工数据拷贝进行，而且数据一旦被破坏就很难恢复。而采用数据库管理空间数据时可以充分利用数据库管理系统本身的权限管理、数据备份和恢复机制实现。

3.5 地籍制图

运用关系数据库管理空间数据使空间数据在空间方向上可以连续无缝，避免了因分块管理分割空间实体，保持了空间实体的完整性，也减少了数据冗余，实现空间上无缝管理。因此，可以很方便地打印管理区内任意区域的地籍图。文件形式管理空间数据往往导致地籍图中同一实体因处于不同块而出现多余线画和注记，还可能产生图幅边界处地物不一致现象，因此地籍图的正确性难以保证。另一方面，采用数据库管理能够很好地解决数据共享问题，不需异地存储多份数据，每次递交事务后便能在数据库中得到反映，保证了地籍制图输出内容的正确性和现时性。

4 空间数据库技术在地籍管理系统中的应用实例

4.1 系统功能结构

柳州市地籍管理系统集成 workflow 管理系统 (WFMS)、办公自动化系统 (OAS) 和土地登记业务系统，实现了图文一体化无缝集成管理的大型地籍管理信息系统 (如图 5)。

workflow 管理系统主要是对系统工作流程和信息流进行调控。系统实现各种土地登记的动态流转、空间和属性数据输入与编辑、宗地的历史回溯、地籍地形要素查询统计、地籍地形制图 (宗地图、标准图幅地籍图和地形图)、互联网上基准地价等图形信息和登记项目等非图形信息的发布和查询等功能。

系统主要关键技术包括面向对象分析与设计方法 (OOA & D)，Internet/ Intranet 技术，全组件式与 Internet GIS 技术应用，workflow 技术的应用，土地历史数据管理等。



图 5 图文一体化无缝集成

Fig.5 Seamlessly integrated GIS with office automation

4.2 系统结构模型

柳州市地籍管理系统以土地局大楼为中心，以及郊区分局、测绘所、各地政管理所和乡镇地籍管理所共同组成一个广域网系统。系统用 Internet/ Intranet 技术，以 Browse/ Server 结构为主，Client/ Server 结构为辅，按数据服务层、应用服务层、应用表现层等层次构成三层模型（Three-Tiers）结构系统，如图 6 所示。服务器端采用大型关系数据库

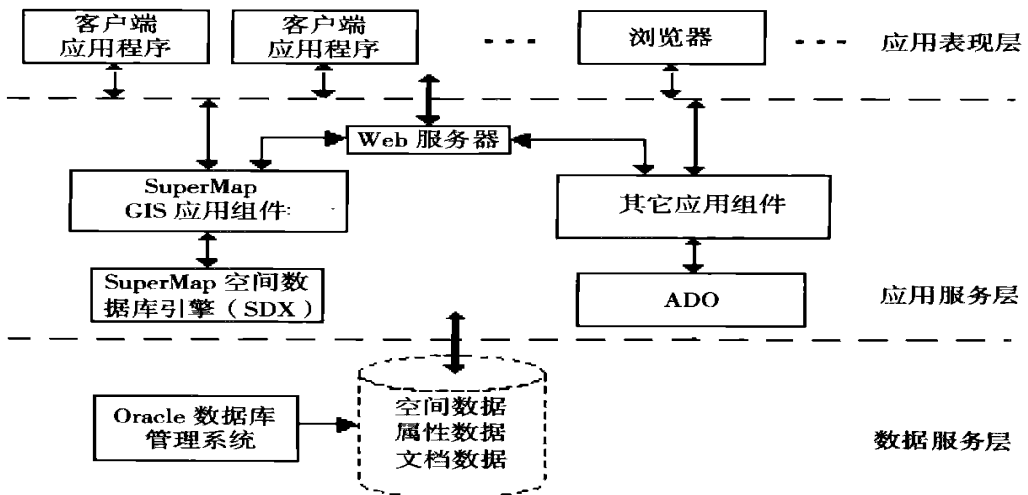


图 6 系统三层结构

Fig.6 Three-Tiers structure of land information system

库管理系统 Oracle 管理系统属性数据和空间数据, 确保空间和非空间数据的一体化集成。

4.3 SuperMap 空间数据库技术的应用

系统图形数据库全部存储在 Oracle 数据库中, 包括基础测绘数据库(区划数据、地籍测绘数据和基础地形数据等)、地籍数据库、基准地价数据库等。系统客户端选用 SuperMap 组件开发的一系列应用程序, 实现系统所有 GIS 功能。

SuperMap 提供多源数据无缝集成技术(SIMS)。SuperMap 通过以各种数据库引擎数据提供者、虚拟空间数据库引擎(SDX)为数据代理、各 SuperMap 应用组件为数据消费者的三层结构模型实现多源数据无缝集成技术。SIMS 支持关系数据库管理系统管理空间数据, 能够支持用小型数据库系统 MS Access、大型数据库系统 SQL Server 和 Oracle 管理空间数据, 同时支持第三方空间数据库技术, 包括 SDE 和 Oracle Spatial。SuperMap 空间数据库技术支持存储管理图形数据和栅格数据(影像数据、DEM 数据), 以及复杂的 CAD 数据^[21]。

除多源数据无缝集成技术外, SuperMap 还具有如海量空间数据管理、智能捕捉等强大功能, 因此 SuperMap 适用于各种规模的 GIS 应用系统开发。SuperMap 的空间数据库技术在柳州地籍管理信息系统的应用中取得了比较好的效果。

参考文献:

- [1] 朱翊. 空间数据的全关系化管理应用尝试. 遥感信息, 1999, (3): 11 ~ 14.
- [2] 王卫安, 王晓艳. 用 Client/Server 数据库存储 GIS 图文数据. 微型电脑应用, 1999, (6): 7 ~ 94.
- [3] 刘仁义, 刘南, 苏国中. 基于 RDBMS 的空间数据管理模型及在土地产权籍系统中的实现. 中国图象图形学报, 2000, 5A(10): 825 ~ 829.
- [4] 李满春, 陈奇, 周炎坤, 等. 基于空间数据引擎的企业化 GIS 数据组织与处理. 中国图象图形学报, 2000, 5A(3): 179 ~ 185.
- [5] 宋关福, 钟耳顺, 刘纪远, 等. 多源空间数据库无缝集成研究. 地理科学进展, 2000, 19(2): 110 ~ 115.
- [6] 冷允法. 基于 GIS 的土地利用变更与时空动态分析. 地理研究, 1999, 19(1): 15 ~ 22.
- [7] 秦建新. 地图可视化研究. 地理研究, 1999, 18(增刊): 136 ~ 142.
- [8] 马荣华. 综合省情地理信息系统地理数据库的数据组织. 地理研究, 2001, 21(3): 364 ~ 370.
- [9] 张立峰. 基于空间数据库的多媒体图形信息查询系统研究. 地理研究, 2002, 21(3): 365 ~ 370.
- [10] 郑景云. 历史环境变化数据库建设与应用. 地理研究, 2002, 21(2): 146 ~ 151.
- [11] ESRI. Modeling Our World. ESRI Inc. 1999.
- [12] 贾盛举, 陈鹰. 基于 Oracle 的影像数据管理的研究. 遥感信息, 2000, (4): 29 ~ 31.
- [13] Siva Ravada. Handle Geo-Referenced Images In Oracle Database. Paper of ISPRS, 2000.
- [14] 梁军, 钟耳顺. 地籍信息系统中宗地数据库的设计. 中国 GIS 年会论文集, 北京, 1999.
- [15] Open GIS Consortium, Inc. Open GIS^R Simple Features Specification For SQL Revision 1.0 Release Date: 13 March, 1998.
- [16] ESRI. Spatial Database Engine. <http://www.esri.com>. 2000.
- [17] Mapinfo. SpatialWare. <http://www.mapinfo.com>. 1999.
- [18] Oracle. Data Cartridge Operating System Interface. <http://www.Oracle.com>. 1999.
- [19] 王珊, 陈红. 数据库系统原理教程. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [20] 刘育成. 土地调查统计手册. 北京: 中国农业出版社, 1996.
- [21] 肖乐斌, 钟耳顺, 刘纪远, 等. 面向对象整体 GIS 数据模型的设计与实现. 地理研究, 2002, 21(1): 34 ~ 43.

A study on the cadastral management information system based on technology of spatial database

PAN Yu-chun^{1,2}, ZHONG Er-shun², LIANG Jun²

(1. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100089, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract : Traditional geographical information system uses file system to manage spatial data, which only suits to personal GIS (or named expert GIS), but cannot meet the requirement of enterprise GIS. The technology of spatial database, which uses Relational Database Management System (RDBMS) to manage spatial data, is an advanced technology driven by the socialization of GIS application. Integrating spatial data and other data into relational database, it is possible to give its rights of management spatial data to RDBMS, this can achieve seamless integration and take advantages of RDBMS, include data sharing, bulky amount of spatial data management, data consistent maintenance, data safety, high query efficiency, and more others. Therefore, studies on spatial database (also named Spatial Data Engine) to manage spatial data have become a research focus in GIS fields. In this paper, the author brought forward and analyzed the spatial data object which has four properties: common attributes, temporal, geometry, and behavior. Among these properties the geometry is the essential property of spatial data object distinguished common data object which is the component of the database. The mapping of spatial dataobject's properties to relational database are columns (or fields), methods and valid rules respectively. Also the author analyzed the realization of the application of spatial database technology in Cadastral Administration System from the points of spatial data interoperability, large quantity of spatial data management, the efficiency of query in large area, and the control of the data safety and others based on the development of specific application system, it figured out the frame of Land Information System using spatial database technology.

Key words : spatial data object; spatial database; technology of spatial database; cadastral administration system; application