

分类号:

单位代码: 10019

密 级:

学 号: S08111370

中国农业大学

硕士学位论文

地籍数据库增量更新方法研究与实现
Research and Implementation of Cadastral Database
Incremental Updating Method

研 究 生: 魏孔亮

指 导 教 师: 朱德海 教授

合 作 指 导 教 师: 杨建宇 副教授

申请学位门类级别: 理学硕士

专 业 名 称: 地图学与地理信息系统

研 究 方 向: 国土资源信息管理

所 在 学 院: 信息与电气工程学院

二零一零 年 六月

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农业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。

研究生签名：

时间： 年 月 日

关于论文使用授权的说明

本人完全了解中国农业大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。同意中国农业大学可以用不同方式在不同媒体上发表、传播学位论文的全部或部分内容。

(保密的学位论文在解密后应遵守此协议)

研究生签名：

时间： 年 月 日

导师签名：

时间： 年 月 日

摘要

近年来,随着我国各地国土资源管理部门地籍数据库的逐步建成,数据更新已成为地籍信息系统建设的主要工作,增量更新具有方式灵活能保证空间数据的现势性,是未来数据库更新的主要趋势之一。目前,增量更新主要由人工交互操作的方式完成,但是也由此引发了处理效率低,数据错误率高等问题,故地籍数据库增量更新过程的自动化逐渐成为研究热点。目前存在的两种增量更新调查方式,内外业一体化的调查方式和内外业分离的调查方式,由于前者教后者能够更好的实现地籍更新自动化和提高日常地籍变更工作的效率,从而成为地籍增量更新方式的发展方向。

内外业一体化的调查方式在外业调查之前需要导出与调查区域范围相同的局部快照数据,并以此为基础,直接在外业进行测量和数据编辑,经数据质量检查无误之后,提交内业进行地籍数据变更。为了实现内外业一体化调查方式的自动化更新处理,针对该更新方法目前局限于变化信息的提取阶段,尚未在此基础之上实现事件信息的自动检测,本文提出了一种包含事件信息的地籍数据库增量更新变化检测方法,并结合实例数据进行了论证。主要研究工作如下:

(1) 介绍了地籍数据库增量更新的理论基础。首先介绍了增量信息由变化信息和事件信息构成,然后分析总结了地籍要素的事件类型,最后在四元组空间拓扑模型的基础之上讨论了地籍要素之间的拓扑关系。

(2) 设计了地籍增量更新自动处理方法。首先设计了一套地籍数据库增量更新检测流程,通过应用集合论和迭代法等基础理论,在空间叠加分析检测变化信息的基础之上,通过判断“继承关系”、“拓扑关系”与“属性关系”三个因素的不同取值,进一步推导事件类型,从而自动获取完整的增量信息。

(3) 设计了地籍数据库。首先介绍了空间数据库的发展和 ArcSDE 中空间数据的组织形式,然后分析了三种时空数据处理的方法,最后本文选择全关系型数据库加 ArcSDE 空间数据引擎来管理空间数据,将时间作为属性的方法来进行时空数据的集成,设计了地籍更新数据库的模型和结构。

(4) 实现了地籍更新实验系统。以实际地籍数据为例,依靠 SQLServer2000 数据平台、ArcSDE 技术和 ArcEngine 组件,在 Visual Studio.Net 的编程环境中,使用 C#语言开发了实验系统,对本文的更新思路和方法进行了实验验证,证明了其可行性。

研究表明基于变化检测的地籍要素更新方法能够准确地检测地籍要素的变化信息及相应的事件信息。该方法的提出为实现地籍数据库增量更新的自动化提供了一种解决方案。

关键词: 地籍数据库, 增量更新, 增量信息, 变化信息, 事件信息

Abstract

In recent years, along with local cadastral databases were Gradually built up around land and resources management departments, it has been realized data updating has been the bottleneck of Cadastral Information System instead of data acquisition. Cadastral data updating is the life of modem cadastre, and is the objective requirement of sustainable development for cadastre or cadastral management. Incremental updating will be the major trend of the database updating because of its flexibility and better way to ensure the real time of spatial data. As manual interaction mode cases low processing efficiency and high error rate and so on, automating the incremental updating of cadastral database is becoming a hot research. Presently, there are two kinds of incremental updating investigation methods, and the internal and external business integration investigation method is able to achieve better automatic updating of cadastre and better to improve the work efficiency of daily cadastral changing work than the internal and external business speciation, thus it is becoming the development direction to study incremental updating investigation methods.

Aiming at the problem of not automatically acquiring incremental information in the existing incremental updating investigation methods of the internal and external business integration, this paper proposes a cadastral database incremental updating and changing detection method and proves it with experimental data based on analyzing cadastral database updating pattern and tache at home and abroad. The major jobs include the followings:

- (1) This paper studies the role that played by incremental information, event type and spatial topological of cadastral element in automatically updating cadastre.
- (2) The automatically processing flow is designed according to different cadastral element updating types
- (3) The cadastral database is designed and built based on a relation database.
- (4) An experimental system is developed by SQLServer2000 data platform, ArcEngine technology, ArcSDE Components with practical cadastral data, which can validates the feasibility of the updating ideas and methods in this paper.

Studies show that cadastral elements updating method based on change detection can exactly detect the changing information and the corresponding event information. The proposal of this method supposes a solution method for the realization of cadastral database incremental updating.

Key Words: Cadastral Database, incremental updating, incremental information, changing information, event information

目录

第一章	绪论	1
1.1	研究意义	1
1.2	国内外研究现状	1
1.3	项目来源与经费支持	4
1.4	研究内容与章节安排	5
第二章	地籍数据库增量更新理论基础	6
2.1	增量信息	6
2.2	事件信息	6
2.3	地籍更新中地籍要素的空间拓扑关系	9
2.4	本章小结	13
第三章	地籍信息增量更新自动处理方法	14
3.1	检测方法概述	14
3.2	地籍更新处理方法	16
3.3	本章小结	23
第四章	地籍更新数据库的设计与查询	24
4.1	空间数据的组织	24
4.2	时空数据的组织	27
4.3	地籍数据库设计	28
4.4	时空数据查询	30
4.5	本章小结	30
第五章	实验研究	31
5.1	实验平台和开发环境	31
5.2	系统体系结构	31
5.3	主要实现功能介绍	33
5.4	本章小结	41
第六章	总结与展望	42
6.1	研究工作总结	42
6.2	展望	42
参考文献		43
致谢		46
个人简介		47

第一章 绪论

1.1 研究意义

地籍信息系统 (Cadastral Information System, 简称 CIS) 是土地信息系统 (Land Information System, 简称 LIS) 的重要组成部分, 属于专题地理信息系统范畴, 是地理信息系统 (Geographic Information System, 简称 GIS) 在地籍管理中的应用。它既可以保证地籍管理工作高效、准确、和谐地运转, 同时还为土地管理与规划的现代化提供了坚实的数据基础和技术保障。

近年来, 随着城市建设的迅速发展、土地市场的持续活跃以及《物权法》的实施, 土地产权的更新活动越来越频繁, 地籍更新管理已经成为地籍管理中的一个重要日常工作, 因此地籍信息系统必须快速、准确地处理地籍数据更新, 这样才能确保地籍更新管理到位。

地籍更新是一项复杂的工作, 涉及地籍图形数据和属性数据的更新, 而且由于地籍数据的法律效应, 地籍数据库的拓扑一致性、地籍数据的精度显得极其重要。但是在目前地籍更新的实际工作中, 更新手段仍然是人工交互的操作方式, 这样的操作方式存在编辑时间长、劳动强度大, 而且容易产生错误难以保证空间数据一致性。因此, 地籍数据增量更新自动处理方法研究具有以下重要的意义:

- (1) 减少了地籍更新中的人工交互操作, 降低了劳动强度, 避免了人工操作引发的诸多错误。
- (2) 在实现地籍更新自动处理的前提下, 较好的维护了地籍数据更新过程中的拓扑一致性问题, 保证了地籍数据库的质量。
- (3) 提高了地籍数据库的更新效率, 最大限度反映城市地籍权属现状, 提供全面综合、准确的地籍数据。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 地籍信息系统

地籍信息系统 (CIS) 是一个在计算机和现代信息技术支持下, 以宗地 (或地块) 为核心实体, 实现地籍信息的输入、存储、检索、处理、综合分析、辅助决策以及结果输出的信息系统^[1]。其中, 以地块为基本单元用数字形式记录土地及其附着物的位置、权属、数量、质量和土地利用现状等几何和属性信息 (即地籍信息) 的地籍数据库是地籍信息系统的核心^[2]。

地籍数据库技术最早可以追溯到 1956 年奥地利测绘部门首先建立的地籍数据库, 在当时的技术条件下, 还只是将地籍管理转移到计算机上进行操作, 而地籍数据库的更新功能则没有充

分考虑。

随着计算机技术和地籍管理办公自动化的发展,许多国家建立了地籍数据库和地籍管理信息系统^[3-7]。1964年加拿大政府建立了世界上第一个地籍信息系统。20世纪70年代,德国、瑞士、奥地利的地籍自动化研究取得成效。80年代,美国环境研究所(ESRI)在多年从事地理信息系统(GIS)软件开发与应用的基础上,将GIS技术应用于地籍数据库,体现了地籍数据空间与非空间的不同特征。1993-1997年期间,芬兰也建立了基于GIS的地籍管理信息系统。GIS技术的发展很大程度上推动了地籍数据库技术的进步。

我国的地籍工作起步较晚,上世纪80年代引进GIS技术后才为地籍管理信息系统的建立奠定了基础。1986年6月国家土地管理局地籍司印发了《关于建立地籍信息系统的总体方案》征求意见稿,1989年提出了《关于建立地籍信息系统的总体方案》,并在全国试点。90年代以来,我国各级土地管理部门的地籍业务基本实现了电子化管理。到目前为止,大部分中小城市已基本建立了基于GIS的地籍数据库和地籍管理信息系统。空间数据库技术、GIS与办公系统无缝结合、网络技术在地籍建库工作中都得到了充分的应用^[8-10]。

虽然国内外相继建设了多个地籍数据库,但是与较为成熟的地籍信息系统初始建设相比,地籍数据库的更新研究还处在一个起步阶段,其发展程度仍然是抑制地籍信息系统完善的“瓶颈”。因此,地籍数据库更新是现代地籍管理工作的关键所在,是地籍管理工作可持续发展的基本要求^[11-19]。

1.2.2 地籍数据库更新

近年来,随着各国地籍数据库的建设完成,数据更新已经取代数据获取成为地籍信息系统建设的瓶颈。当前,地籍数据库更新的相关研究工作包括:

(1) 地籍数据库更新模式

地籍数据库包括空间数据与属性数据,地籍数据库更新则包括空间数据更新与属性数据更新。但是,空间数据更新比属性数据更新要复杂得多,因此地籍数据库的更新主要是空间数据更新。许多学者对空间数据更新模式进行了研究,其研究结果也同样适用于地籍数据库的更新^[20-24]。总结以来,主要有以下三种更新模式:

1) 定期更新

根据固定的时间间隔重新采集数据。对于不同比例尺的数据采集,会制定不同的更新周期。大比例尺地图比小比例尺地图更新时间短,城市比郊区更新时间短。国家级的某些大型数据库根据地域特点采用的是定期更新的方式。例如,我国上海市确定1:10000的数字线划地图的更新周期为5年;1:2000数字线划地图的更新周期为4年;1:1000数字线划地图的更新周期为3年;而中心城区1:500数字线划地图的更新周期为2年等。

2) 固定变化程度更新

固定变化程度的更新间隔依赖于数据库内容变化的程度,即达到一定变化程度后(例如100/幅),对数据库内容进行一次全面的更新。例如,美国国家海洋局和英国军械局,当地图上的变化部分达到一定程度(如超过300/幅)时就会出版一张新的地图。

3) 增量式更新

增量式更新,即变化一经发现便立即更新数据库内容,并连续提供给用户使用的更新模式。这种理想的更新模式给用户提供了连续灵活的更新方式,很好地保证了空间数据的现势性和连续性,而且完整地记录了时空对象的生命周期。

定期更新与固定变化程度更新可统称为批量式更新模式,增量式更新由于其方式灵活而且能够更好地保证空间数据的现势性,逐步成为空间数据更新的主要发展趋势。目前,许多学者进行了空间数据库增量式更新的研究,内容涉及更新处理环节的各个方面,包括变化信息的发现与测量、变化信息的更新处理及数据库质量维护等。

(2) 地籍数据库更新的基本任务

地籍数据更新是现代地籍的生命所在,是地籍管理可持续发展的基本要求。由于一般数据库所表达的现状总是落后于现实现状,因此地籍数据库更新的目的是在最大程度上保持主、用户数据库的现势性。本文主要讨论地籍主数据库(或称核心数据库)更新,如无特别申明下文在地籍数据库都是指主数据库。

针对地籍数据库增量更新主要存在着两种地籍调查方式:一种是内外业分离的调查方式,另外一种是内外业一体化的调查方式。

目前,地籍数据库更新大多数仍在沿用传统的内外业分离的调查方式,即首先在外业测量的过程中采集点位信息并绘制草图,然后在内业进行人工交互编辑,最后进行地籍数据变更和数据质量检查。

但是,随着计算机技术的广泛应用和空间技术的不断发展,出现了在 GIS 平台上进行的地籍数据库内外业一体化的地籍调查方式。该方式在进行外业调查之前需要导出与调查区域范围相同的局部快照数据,并以此为基础,直接在外业进行测量和数据编辑,经数据质量检查无误之后,提交内业进行地籍数据变更。两种调查方式进行地籍更新的主要任务有:

1) 变化信息的发现与提取

变化信息的发现与提取是空间数据更新的首要环节,地籍数据库变化信息发现要求达到“随时变更,随时发现”,其目的是通过调查、比较发现并确定变化。目前变化信息发现主要包括两条途径:

a) 日常地籍变更制度,即要求当事人在地籍权属、用途、分布等发生变更后,及时到土地管理机关办理土地变更登记手续,以帮助土地管理部门及时发现变化情况;

b) 利用城市规划、设计的数字成果,并在放验线、竣工验收等环节实地测定地物变化。目前测定地籍变化的途径主要包括全站仪、GPS 等野外勘测数字测绘和摄影测量、遥感图像处理等。

内外业分离的调查方式以文件的形式存储发生变化的地籍对象信息,变化信息的内容主要体现变化后新对象的空间和属性信息。而内外业一体化的调查方式则以调查之前从地籍数据库中导出的局部快照数据为基图,在此基图上进行修改,最后提供局部区域变化后的快照数据。

2) 变化信息的更新处理

主数据库更新是一个将新采集的变化信息与数据中心原有主数据库中未变化信息进行融合的过程。这一过程包括在原有数据库中插入新增的地形地物、地籍信息,删除已消失的相应对象信息,被更新的地籍对象保存到历史数据库中。对应两种地籍调查方式,相应的主数据库更

新方法也分为两种：

a) 内外业分离的编辑数据：依据外业测量的变化数据，人工手动对数据库记录进行新增、删除、合并、分割等处理。为了避免人工交互操作方式引发的处理效率低，错误率高等问题，许多学者研究并提出了基于拓扑联动的自动更新处理方法，该方法的思路是在对现状数据的编辑过程中引入拓扑关系主动维护功能，分别对不同的地籍事件类型设计了局部拓扑联动的自动化更新处理流程^[24-26]，从而减少了变化信息处理过程中的人机交互操作。该方式较好的实现了变化信息的自动化处理，维护了数据一致性。但是这种自动化处理流程的实现是以人工判定事件信息为前提的，即在执行变化信息的自动处理流程之前，需要操作人员手动选择事件类型。因此，该方式并没用完全解决增量信息的自动获取问题，是一种半自动化的更新方式。

b) 内外业一体化的替换数据：通过比较变更后外业快照数据与地籍数据库中范围相同的快照数据，提取两个不同时刻数据之间的变化信息，对数据库记录进行替换。针对替换数据的更新处理方法，许多学者也提出了自动化更新处理方法，即基于变化检测的更新方法，该方法根据局部范围的快照更新数据，对更新数据相应范围内的现状数据进行空间叠加，提取变化信息；并判断地籍要素的不同事件类型，以采用不同的处理策略进行更新^[27-30]。在该方式中，变化信息与事件信息都可以通过变化检测自动获取，可以说是一种完全自动化的增量更新方式。但是，目前该更新方式的研究尚不够深入，局限于变化信息的提取阶段，如何在此基础上进行事件信息的检测已成为该自动更新方式实现的瓶颈。

3) 数据库质量维护

数据质量问题是一个关系到数据库建设成败和数据能否有效应用的关键问题。由于数据更新过程中要对数据库记录进行增、删、改等处理，如果处理不当便可能导致地籍数据库质量下降，影响其应用价值。因此在地籍数据库更新之前，必须对更新过程中的质量控制方法进行详细研究。

由于在内外业分离调查方式中，数据质量检查是在内业数据变更之后，如果数据质量检查发现错误，那么就on须重新进行外业测量或者内业数据变更，从而造成重复性劳动，影响了更新效率。与传统的内外业分离的调查方式相比，内外业一体化的数据质量检查是在外业数据调查提交之前进行，检查无误之后才提交给内业进行变更，这样就提高了日常地籍变更工作的更新效率。

综上所述，与传统的内外业分离的调查方式相比，内外业一体化的调查方式实现了内业处理外业化，外业处理实时化，做到实地测量，实地变更，遇到问题实地解决，同时基于数据替换的数据库更新方式，减少了人工交互操作方式带来的工作效率低、错误率高等问题，提高了日常地籍变更工作的工作效率和准确度。

1.3 项目来源与经费支持

本文是在国家 863 计划课题：“基于多源数据的国家林业生态工程监测与评价网格应用系统（2009AA01A133）”和国家“十一五”科技支撑计划课题“村镇土地评价分析系统开发”：村镇土地利用预警技术研究（2006BAJ05A02）、中国城镇化发展速度与质量的评价和预测研究

(2006BAJ14B01-02)资助下完成的。

1.4 研究内容与章节安排

针对目前内外业一体化地籍增量更新调查方式中,增量信息变化检测方法尚未实现事件信息检测的问题,提出了一种包含事件信息的地籍数据库增量更新变化检测方法。该方法通过归纳总结地籍要素的变更类型和拓扑关系,分析变更类型的特点与内容,选取“继承关系”、“拓扑关系”与“属性关系”三个因素作为前提条件,在检测变化信息的基础上,通过判断三个因素的不同取值,从而推导出事件信息。在理论研究的基础上,利用 SQLServer2000 数据库平台、ArcSDE 空间数据库引擎技术建立实验地籍数据库,并结 ArcEngine 9.2 组件、Visual Studio.NET 语言环境开发实验系统,对地籍数据库增量更新自动处理流程进行实验验证。

论文共分为六章,各章节的安排如下:

第一章绪论,阐述了本文的研究意义,并对地籍数据库、地籍数据库更新的概念进行了简单描述,介绍国内外地籍数据库更新技术研究状况,总结和提出了存在的问题,然后概括了本文研究的内容。

第二章地籍数据库增量更新理论基础,介绍了什么是增量信息,然后分析总结了地籍要素事件类型和地籍要素间的拓扑关系。

第三章地籍更新自动处理的实现,设计了一种地籍数据库增量更新自动处理流程,在空间叠加获取变化信息的基础之上,通过判断“继承关系”、“拓扑关系”与“属性关系”三个因素的不同取值,进一步推导事件类型。

第四章地籍更新数据库的设计,介绍了空间数据组织和时空数据的集成,针对地籍要素更新的特点,选择全关系型数据库和 ArcSDE 来管理空间数据,设计了地籍更新数据库模型和结构,实现了历史数据的回溯查询。

第五章系统实现,在 Visual Studio.NET 环境和 Arc Engine 组件、SQL Server2000 数据库平台、ArcSDE 技术的辅助下,对第三章提出的更新思路进行实验,并显示实验结果。

第六章总结与展望,对本文进行总结,分析地籍更新现状中依然存在的问题,对地籍更新技术的提高和发展做出展望。

第二章 地籍数据库增量更新理论基础

2.1 增量信息

由于客观世界中地籍要素的变化, 导致对地籍数据库的更新, 从而产生了增量信息。传统认为, 增量信息就是变化信息, 是两个快照数据之间的差异, 但是如果要实现地籍数据库的增量更新, 仅仅有变化信息, 就无法反映时空变化的语义和更新操作的信息。因此, 需要在变化信息的基础上扩充, 加入导致地籍要素变化的地理事件来明确表现变化的原因。所以增量信息应当描述为变化信息和事件信息。换言之增量信息是变化信息和事件信息的合成体, 其中变化信息是增量信息的主体, 在地籍数据库增量更新时需要基于原始数据和变化信息实现更新, 事件是增量信息的组成部分, 能够明确反映地籍要素发生变化的原因。两部分有机联系组成了增量信息的基本单元^[31]。

2.2 事件信息

2.2.1 地理事件

地理事件是引起地理实体生亡、地理位置或属性发生变化以及状态发生改变的事件。根据引起属性变化或空间变化的不同, 地理事件可分为属性事件和空间事件。地理空间变化事件的发生必然导致一个或若干个地理空间对象状态的改变, 地理空间变化事件的本质是地理空间对象的变化, 地理空间变化事件是引起地理空间对象状态(包括空间和语义状态)变化的原因。所以地理事件不但是空间目标终结或开始的标识, 而且还表示引起状态变化的原因。

地理空间变化事件频繁发生而且极为复杂, 按照不同的分类方式可以分为许多不同的类型, 在不同的应用领域可能有不同的事件和不同的分类方法。在时空数据更新领域, 我们主要关心的是引起空间对象状态变化的地理空间变化事件, 这些事件包括改变空间对象几何状态事件, 如人工建筑物(房屋、道路、围墙等)的修建、拆除、部分拆除、扩建等事件; 有改变空间对象语义状态的事件, 如改变房屋的户主等事件; 还有可能同时改变多个空间对象的几何和语义状态的事件, 如地震、火山爆发、人工爆破、水体侵蚀等。地理空间变化事件是可以扩充的^[24]。

2.2.2 地籍变更事件类型分析

地籍实体的变更都是由相应的事件引起的, 实体的产生、状态的变化、实体的消亡都是由特定的事件触发。地籍更新实际是地籍要素实体的更新, 也就是界址点、界址线和宗地的更新, 其中地籍实体的变更都是以宗地变更为中心^[32-33]。许多学者对地籍更新类型与过程进行过研究, 地籍更新类型主要分为两大类: 第一种是界址未发生变化的地籍更新类型, 这种情况一般出现在土地买卖或土地赠与时, 原宗地的界址不需要变化, 仅仅权属状况发生改变, 则地籍数据库

中的图形数据不需要更改，办完土地登记手续后由国土部门发派新的土地证书；第二种是界址有变化的地籍更新类型，这种情况下，无论原宗地的权属状况是否发生改变，地籍数据库中都要有空间数据和属性数据需要进行更改。下面分别以宗地、界址线、界址点为例介绍影响面状、线状、点状三类要素空间变化的事件。

(1) 面状要素

对于本文研究的具有“铺盖”特征的面状要素，引起面状要素变化的地理事件主要包括分割、合并、界址调整、复杂变更、属性变更和无变更六种类型^[34]。

1) 分割

在一个宗地产权的转让过程中，会出现一个宗地重新划分成两个新的宗地的情形。这种由一块宗地分割为 N 块宗地 ($N \geq 2$) 的情形称为宗地分割。宗地分割导致原宗地变为历史宗地，称为新宗地的父宗地，新宗地则为原宗地的子宗地。宗地分割后，新宗地的面积之和应该等于旧宗地的面积，父宗地与子宗地间的继承关系为 $1:N$ 。

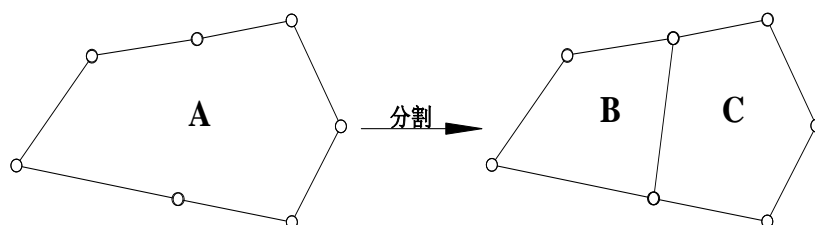


图 2-1 分割

2) 合并

合并事件是由 N 块宗地 ($N \geq 2$) 合并成一块宗地的过程。参与合并的宗地变为历史宗地，是新宗地的父宗地，新增宗地则为参与合并宗地的子宗地。宗地合并后，新宗地的面积等于合并前旧宗地的面积之和，父宗地与子宗地间的继承关系为 $N:1$ 。

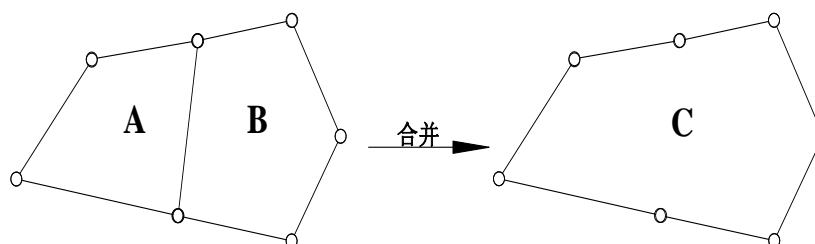


图 2-2 合并

3) 界址调整

界址调整一般是宗地权属关系没有发生变化，只是宗地部分界址线和界址点发生了调整。根据调整情况的不同，又分为增加界址点、删除界址点与移动界址点三种类型。调整界址前的宗地为父宗地，调整界址后的宗地为子宗地。在界址调整过程中，参与变更的宗地可能是一块，也可能是 N 块，对于 N 块的情况， N 块宗地必定相交于公共的界址线或界址点，且调整前后 N 块宗地间的拓扑关系不变。父宗地与子宗地间的继承关系为 $1:1$ 或 $N:N$ 。

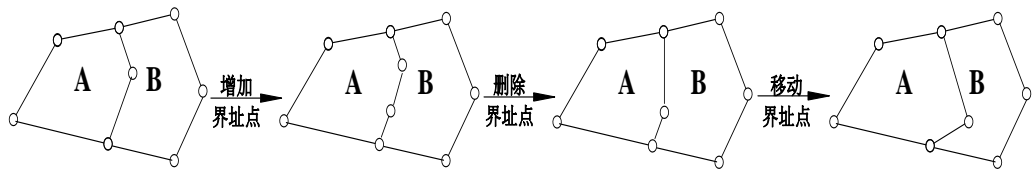


图 2-3 界址调整

4) 复杂变更

复杂变更是地籍变更中最为复杂的一种情况，即有多块宗地参与变更，部分宗地分割出一部分或全部与其他宗地进行组合生成一块或者多块宗地。复杂变更事件可由合并和分割事件组成。这种情形一般发生在大片征地等成片开发的情况下。复杂变更事件导致参与变更的多块宗地间的拓扑关系发生变化，父宗地与子宗地间的继承关系为 $N : N$ 或 $M : N$ 。

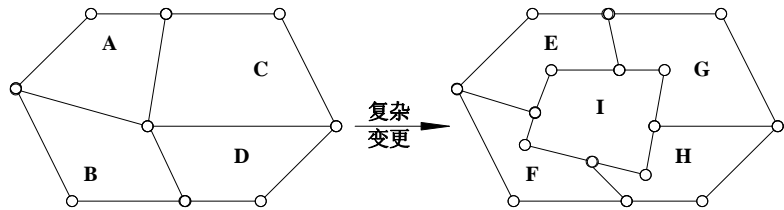


图 2-4 复杂变更

5) 属性变更

属性变更是地籍变更中最为简单的一种情况。由于受自然灾害、城市规划等因素的影响，土地的用途、质量等发生变化的过程称为属性变更。属性变更包括土地使用类型变更、土地使用年限变更等多种情况。父宗地与子宗地间的继承关系为 $1 : 1$ 。

(2) 线状要素

线状要素的变化一般伴随着面状要素的变化发生，例如宗地分割导致界址线的新增，线状要素的变更事件归纳为新增和消亡两种。

1) 新增

新增事件是指，较变更前的线状要素，变更后出现新的线状要素。父要素与子要素间的继承关系为 $0 : 1$ 。如图 2-5 所示，变更后的界址线 BP9-BP10 相对于变更前的界址线是新增的。

2) 消亡

消亡事件是指，较变更后的线状要素，变更前的部分线状要素消失。父要素与子要素间的继承关系为 $1 : 0$ 。如图 2-5 所示，变更前的界址线 BP4-BP5 相对于变更后的界址线是消亡的。

(3) 点状要素

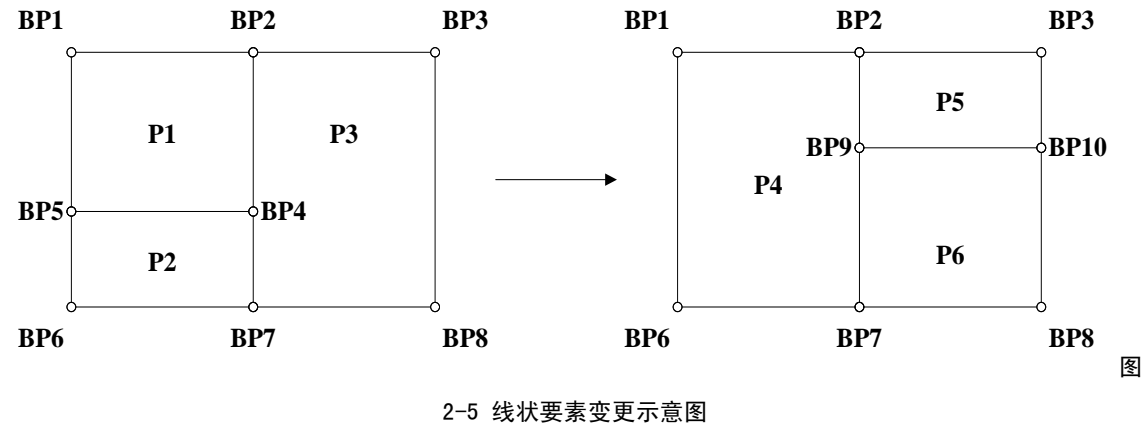
点状要素的变化是伴随着面状要素与线状要素的变化发生的，点状要素的变更事件归纳为新增与消亡两种。

1) 新增

新增事件是指，较变更前的点状要素，变更后出现新的点状要素。父要素与子要素间的继承关系为 $0 : 1$ 。如图 2-5 所示，变更后界址点 BP9、BP10 为新增界址点。

2) 消亡

消亡事件是指，较变更后的点状要素，变更前的部分点状要素消失。父要素与子要素间的继承关系为1:0。如图 2-5 所示，变更后界址点 BP4、BP5 为消亡界址点。



2-5 线状要素变更示意图

2.3 地籍更新中地籍要素的空间拓扑关系

2.3.1 空间拓扑关系描述

空间拓扑关系是指空间实体在拓扑关系变化下保持不变的空间关系^[35]。一般来说，人们采用两目标之间的交集来描述它们之间的空间拓扑关系。目前空间拓扑关系的描述方法主要有 Egenhofer 等人根据点集拓扑理论建立的四元组模型（4-intersection model，简称为 4I 模型）^[35]、九元组模型（9-intersection model，简称为 9I 模型）^[36]、基于维数扩展的 E9I 模型^[37]等基本方法和陈军等提出的基于 Voronoi 图的 V9I 模型等改进方法^[38]；李志林、赵仁亮等提出的使用空间目标的整体及其 Voronoi 区域。以上众多描述方法中，目前普遍认为比较成功的方法包括四元组、九元组、E9I 模型、V9I 和 VW 方法等，下面将重点介绍四元组模型。

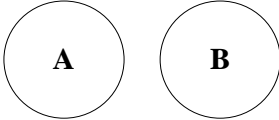
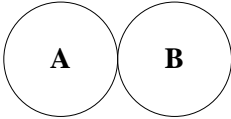
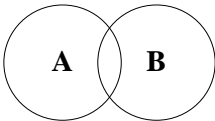
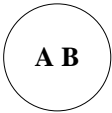
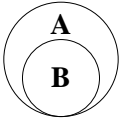
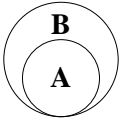
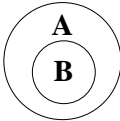
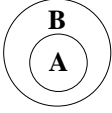
在点集拓扑理论中，如果将二维空间平面中的封闭区域 A 定义为一个集合，则 A 可以分为两个子集：A 的边界点构成的集合 ∂A 和内点构成的集合 A^0 ，并且 $\partial A \cap A^0 = \emptyset$ ， $\partial A \cup A^0 = A$ ， \emptyset 表示空集。在此理论下，由四元组来描述两个点集之间的拓扑关系。两个封闭区域目标 A、B 的拓扑空间关系依据两个物体的边界点和内点的交构成的 4 个交集的矩阵，这就是广泛应用的 4 元组模型。

$$R_4(A, B) = \begin{bmatrix} \partial A \cap \partial B & \partial A \cap B^0 \\ A^0 \cap \partial B & A^0 \cap B^0 \end{bmatrix}$$

公式 (2-1)

根据排列组合原理，两个面状要素总共会产生 16 种可能的拓扑空间关系，而其中具有实际意义的有 8 种面-面关系（如表 2-1 所示）、16 种线-线关系、13 种线-面关系、3 种点-面关系、3 种点-线关系和 2 种点-点关系。

表 2-1 4I 模型描述的 8 种面-面拓扑关系

类型	图示	语义解释	4 元组值
Disjoint		A、B 相离	$\begin{bmatrix} \phi & \phi \\ \phi & \phi \end{bmatrix}$
Meet		A、B 相遇	$\begin{bmatrix} -\phi & \phi \\ \phi & \phi \end{bmatrix}$
Overlap		A、B 相交	$\begin{bmatrix} -\phi & -\phi \\ -\phi & -\phi \end{bmatrix}$
Equal		A、B 相等	$\begin{bmatrix} -\phi & \phi \\ \phi & -\phi \end{bmatrix}$
Covers		A 覆盖 B	$\begin{bmatrix} -\phi & \phi \\ -\phi & -\phi \end{bmatrix}$
Covered		A 被 B 覆盖	$\begin{bmatrix} -\phi & -\phi \\ \phi & -\phi \end{bmatrix}$
Contains		A 包含 B	$\begin{bmatrix} \phi & \phi \\ -\phi & -\phi \end{bmatrix}$
Within		A 包含于 B	$\begin{bmatrix} \phi & -\phi \\ \phi & -\phi \end{bmatrix}$

很多学者研究了地籍要素间的空间拓扑关系^[34-41],可能出现相离(DisJoint)、相遇(Touch)、包含(Contain)、被包含(Within)、交叉(Cross)、部分重叠(Overlap)等拓扑关系。

2.3.2 地籍要素间的拓扑关系

讨论宗地更新中地籍要素的空间拓扑关系时,如果不考虑地籍要素在地籍中的含义,宗地是一个简单的面,界址线为简单的线要素,界址点即为简单的点要素。换句话说,地籍要素空间拓扑关系可以理解为空间关系中的点-点、点-线、点-面、线-面、面-面之间的关系。

具体的空间拓扑关系描述如下:

(1) 界址点-界址点空间拓扑关系

地籍数据库中界址点以界址点号为唯一标识符,不仅界址点号不能有重号,在图形数据中,

界址点也不能有重叠。界址点之间只存在相离的拓扑关系，如图 2-6 所示：界址点 BP1 与 BP2、界址点 BP4 与 BP5。

(2) 界址点-界址线空间拓扑关系

本文中涉及的界址线都是直线型界址线，暂不考虑弧段界址线。界址点必须位于界址线的端点和拐点处，界址线的端点上有且仅有一个界址点。所以一个界址点可以为多条界址线所共用。界址点与界址线具有相离和相遇的拓扑关系。如图 2-6 所示：界址线 BP1-BP2 与界址点 BP3 是相离的关系；界址线 BP1-BP2 与界址点 BP1 和 BP2 是相遇的拓扑关系。

(3) 界址点-宗地空间拓扑关系

界址点分布在宗地的边界上，宗地的内部和外部不允许出现独立的界址点。而地籍中界址点与宗地之间也存在两种拓扑关系：相遇和相离。如图 2-6 所示：界址点 BP1 与宗地 P1 为相遇的关系；界址点 BP3 与宗地 P1 为相离的关系。

(4) 界址线-界址线空间拓扑关系

地籍数据库中的界址线之间存在三种空间拓扑关系：第一种是相等，位于宗地公共边界上的两条界址线完全重叠在一起，只是方向各异而已；第二种是相遇，相邻的界址线首尾相接分布于宗地边界上，界址线之间只在端点处相接；第三种是相离关系，前两种拓扑关系以外的界址线与目标界址线即是相离的关系。

如图 2-6 所示：界址线 BP4-BP7 与界址线 BP7-BP4 为相等的关系，位置相同，方向相反；界址线 BP4-BP5 与 BP5-BP6、界址线 BP1-BP2 与 BP2-BP3 为相遇的关系；界址线 BP1-BP2 与 BP4-BP7、界址线 BP5-BP6 与 BP2-BP4 为相离的关系。

(5) 界址线-宗地空间拓扑关系

界址线与宗地之间的空间拓扑关系即属于线-面间的空间拓扑关系中的部分内容。一般包括界址线与宗地相离、界址线端点为宗地边界点的相遇和整条界址线为宗地边界的覆盖三种情况。如图 2-6 所示：界址线 BP1-BP2 与宗地 P2、界址线 BP3-BP8 与宗地 P1 为相离的关系；BP2-BP3 与宗地 P1 为相接的关系；界址线 BP1-BP2 与宗地 P1、界址线 BP2-BP3 与宗地 P3 为覆盖的关系。

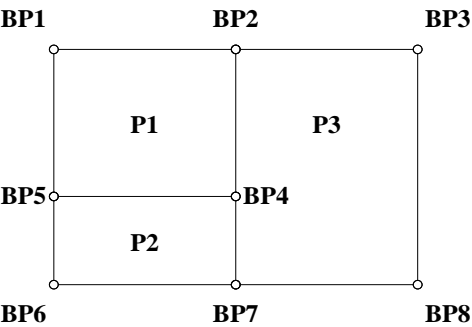


图 2-6 界址点与界址线空间拓扑关系

(6) 宗地-宗地空间拓扑关系

地籍数据中宗地要素间的拓扑关系有其独特的特点，宗地块以平铺的方式布满整个街坊。在有些地籍管理项目中，还将公共用地定义为块地。则宗地与块地的面积之和等于街坊的总面

积。宗地与宗地间存在下图 2-7 中相遇、相离关系：宗地 P1 与 P2、P3 相遇，宗地 P3 与宗地 P2 相离。

由于宗地的“平铺”分布方式，相邻宗地间或者宗地与块地相邻时，宗地与宗地之间、宗地与块地之间都不能存在缝隙。同时，由于地籍数据具有法律效应，为维护权利人的权利，宗地间或宗地与块地间，不能有交叉、重叠的现象

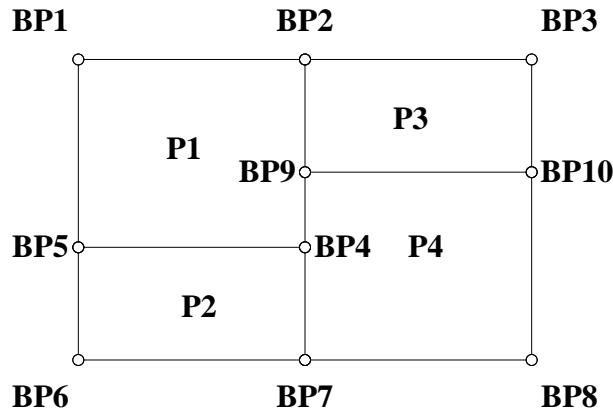


图 2-7 宗地与宗地空间拓扑关系

2.3.2 地籍更新中空间拓扑关系的维护

地籍更新中空间拓扑关系的维护，是指在删除修改旧的地籍要素，生成新的地籍要素时，维护好新旧地籍要素之间，以及新地籍要素与周边其它相邻地籍要素之间的拓扑关系，避免出现地籍要素间重叠、交叉的情况。如何维护地籍更新中地籍要素间的拓扑关系，其方法如下所述：

(1) 界址点与其它地籍要素间的拓扑关系维护

根据替换数据的更新方式，外业测量数据是参照旧界址点位置，则直接获取界址点图层中该界址点的空间位置，如果是新出现的界址点，则需要判断新界址点是否与其它界址点有重合。依据《城镇地籍调查章程》的规定设置 0.005m 的距离容差，如果距离新界址点 0.005m 范围内有其它界址点存在，则认为新界址点与旧界址点重合，继续沿用旧界址点的空间坐标为新界址点的空间坐标值。这样就保证“界址点在宗地边界上”的拓扑关系；如果是需要删除相应的界址点，先要判断各个界址点是否属于其它宗地的公共界址点，如果是公共界址点则不删除，只有仅为要删除宗地的界址点才删除。

(2) 界址线与其它地籍要素间的拓扑关系维护

每个宗地边界上的界址点是按照顺序排列的，只要保证界址点在宗地边界上，则按照界址点的顺序绘制的界址线也应是位于宗地边界上的，然后判断界址线有没有“相遇”的另一块宗地，如果有则记录界址线的“临宗地籍号”；如果是需要删除界址线，则根据删除的宗地来进行判断，位于删除宗地边界上的界址线，如果是临宗地的界址线则不能删除，如果是本宗地的界址线才可以删除，而且还要记得修改临宗地是删除宗地的界址线的属性，其“临宗地籍号”应修改为空或其它新宗地的地籍号。

(3) 宗地与其它地籍要素间的拓扑关系维护

新宗地是按照界址点的顺序生成面状图斑，如果新宗地是与其它宗地相邻，只要公共界址点的位置是确定在其它宗地边界上的，则生成新宗地图斑后，可以保证相邻的各块宗地是相邻的关系。

2.4 本章小结

本章包括三部分内容。第一，介绍了增量信息产生的原因，以及增量信息是由变化信息和事件信息组成，引出了事件信息的重要性。第二，分析了地理事件的含义以及分类，针对点、线、面三种不同类型的地籍实体，对可能发生的事件类型进行归纳总结。第三，介绍了空间拓扑关系，着重介绍了四元组拓扑关系模型，并通过四元组模型，描述了不同地籍要素之间的拓扑关系。

第三章 地籍信息增量更新自动处理方法

增量式更新由于其方式灵活而且能够更好地保证空间数据的现势性，逐步成为空间数据更新的主要发展趋势，而增量信息是整个增量更新过程中的重点。因此增量信息的自动获取是实现增量更新自动化的关键所在。针对目前增量信息尚未实现事件信息的自动检测，本章设计了一套地籍数据库增量更新变化检测方法。

3.1 检测方法概述

3.1.1 地籍数据库增量更新检测流程

地籍数据库更新的变化检测是依据规定区域内地籍要素的变化信息，修正信息载体上相应地籍要素内容，提高其精度和保持现势性的一项重要工作。为了便于进行地籍要素的变化检测，按照图层的不同作用将图层划分为更新要素图层、现状要素图层、结果要素图层。其中，更新要素图层用于存储从外业更新数据库中提取的数据；现状要素图层用于存储从现状数据库提取的数据（与更新要素图层空间范围一致）；结果要素图层用于存储更新要素图层与现状要素图层比对更新后的结果数据。在变化检测时，直接将比对更新后的结果数据导入到结果要素图层，没有改变或破坏更新要素图层和现状要素图层中的要素。当要素检测与匹配有误，可以清空结果要素图层，重新进行变化检测。如果检测的结果无误，将结果要素图层中要素存入现状数据库，以保持现状数据库空间信息的现势性和准确性，同时根据结果要素层中存储的变化前后要素的继承关系，从现状数据库中删除变化前的要素，并将变化前的要素存入历史数据库，供查询检索、时间序列分析、历史状态恢复，为决策管理和研究服务^[22]。具体更新流程如图 3-1 所示。

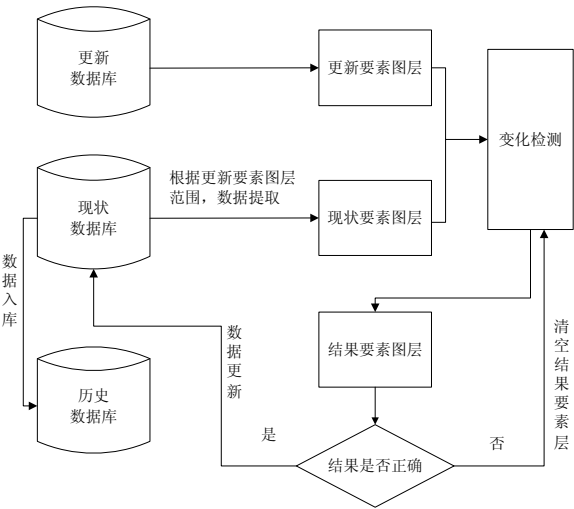


图3-1 地籍数据库增量更新流程

3.1.2 检测方法概述

地籍更新主要涉及面状、线状及点状三类要素。面状要素主要包括区（县）、街道、街坊与宗地；线状要素为界址线；点状要素为界址点。由于宗地的变化检测较为复杂，同时由于宗地的变化会引起相应的界址线和界址点的变化，所以本文首先检测面状要素的增量信息，在此基础上，获取相应的界址线和界址点的增量信息。地籍要素的检测包括以下步骤：一是获取面状变化要素具有亲缘关系的要素集合，本文采用集合论中的概念来描述更新要素图层与现状要素图层中的要素，运用迭代法对两个图层中的数据进行空间集合运算，从而获取两个图层变更前后具有亲缘关系的要素集合；二是事件信息检测，判断变更事件类型，即通过“继承关系”、“拓扑关系”与“属性关系”三个因素的不同取值，来推导变化地籍要素集合中面状要素的事件类型。其中，“继承关系”是指变更前后具有亲缘关系的地籍要素之间的数量比值；“拓扑关系”是指空间连续变化中的保持不变的性质。

3.1.3 基本理论

(1) 集合论

1) 集合定义

定义 1：设 A 、 B 为二集合，若 B 中的每个元素都是 A 中的元素，则称 B 是 A 的子集，也称 A 包含 B 或 B 包含于 A ，记作 $B \subseteq A$ ，其符号化形式为

$$B \subseteq A \Leftrightarrow \forall x(x \in B \rightarrow x \in A)$$

定义 2：设 A 、 B 为二集合，若 A 包含 B 且 B 包含 A ，则称 A 与 B 相等，记作 $A = B$ ，其符号化形式为

$$A = B \Leftrightarrow \forall x(x \in A \leftrightarrow x \in B)$$

定义 3：设 A 为一个集合，称由 A 的所有子集组成的集合为 A 的幂集，记作 $P(A)$ ，用描述法表示为

$$P(A) = \{x \mid x \subseteq A\}$$

定义 4：设 A 、 B 为二集合，称由 A 中元素为第一个元素， B 中元素为第二个元素的所有有序对组成的集合为 A 与 B 的卡氏积，记作 $A \times B$ ，即 $A \times B = \{ \langle x, y \rangle \mid x \in A \wedge y \in B \}$ 。

2) 集合运算

定义 1：设 A 、 B 为二集合，称由 A 和 B 的所有元素组成的集合为 A 与 B 的并集，记作 $A \cup B$ ，称 \cup 为并运算符， $A \cup B$ 的描述法表示如下

$$A \cup B = \{x \mid x \in A \vee x \in B\}$$

定义 2：设 A 、 B 为二集合，称由 A 和 B 的公共元素组成的集合为 A 与 B 的交集，记作 $A \cap B$ ，称 \cap 为交运算符， $A \cap B$ 的描述法表示如下

$$A \cap B = \{x \mid x \in A \wedge x \in B\}$$

定义 3：设 A 、 B 为二集合，称属于 A 而不属于 B 的全体元素组成的集合为 B 对 A 的相对补集，记作 $A - B$ ，称 $-$ 为相对补集运算符， $A - B$ 的描述法表示如下

$$A - B = \{x | x \in A \wedge x \notin B\}$$

特别地, $A \setminus B = \{x | x \in A \wedge x \notin B\}$ 称为 B 差 A ; $A / B = \{x | x \notin A \wedge x \in B\}$ 称为 B 被 A 差。

定义 4: 设 A 、 B 为二集合, 称属于 A 而不属于 B , 或属于 B 而不属于 A 的全体元素组成的集合为 A 与 B 的对称差。记作 $A \oplus B$, 称 \oplus 为对称差运算符。 $A \oplus B$ 的描述法表示为

$$A \oplus B = \{x | (x \in A \wedge x \notin B) \vee (x \notin A \wedge x \in B)\}$$

需要说明的是, 集合概念和集合运算都是针对集合中要素的空间位置而言的。

(2) 迭代法

迭代法也称辗转法, 是一种不断用变量的旧值递推新值的过程, 跟迭代法相对应的是直接法 (或者称为一次解法), 即一次性解决问题。迭代法又分为精确迭代和近似迭代。

迭代算法是用计算机解决问题的一种基本方法。它利用计算机运算速度快、适合做重复性操作的特点, 让计算机对一组指令 (或一定步骤) 进行重复执行, 在每次执行这组指令 (或这些步骤) 时, 都从变量的原值推出它的一个新值。

利用迭代算法解决问题, 需要做好以下三个方面的工作:

- 1) 确定迭代变量。在可以用迭代算法解决的问题中, 至少存在一个直接或间接地不断由旧值递推出新值的变量, 这个变量就是迭代变量。
- 2) 建立迭代关系式。所谓迭代关系式, 指如何从变量的前一个值推出其下一个值公式 (或关系)。迭代关系式的建立是解决迭代问题的关键, 通常可以使用递推或倒推的方法来完成。
- 3) 对迭代过程进行控制。在什么时候结束迭代过程? 这是编写迭代程序必须考虑的问题。不能让迭代过程无休止地重复执行下去。迭代过程的控制通常可分为两种情况: 一种是所需的迭代次数是个确定的值, 可以计算出来; 另一种是所需的迭代次数无法确定。对于前一种情况, 可以构建一个固定次数的循环来实现对迭代过程的控制; 对于后一种情况, 需要进一步分析出用来结束迭代过程的条件。

3.2 地籍更新处理方法

面状对象事件与线状和点状对象事件存在着密切关联, 即面状对象事件的发生引起一种或几种线状对象事件和点状对象事件的发生, 例如宗地的分割事件引起界址线和界址点的新增事件。所以首先来获取面状变化对象的具有亲缘关系的要素集合, 接着判断面状对象发生的事件, 最后根据面状对象的增量信息来确定线状和点状对象的增量信息。

3.2.1 变化信息的检测

运用迭代法, 获取面状对象具有亲缘关系的集合。其中, 一个变化亲缘要素集合迭代过程如下图 3-2 所示:

(1) 迭代初值: $i = 0$, 设 X_i 为更新要素图层中某一要素所组成的集合, $i++$;

(2) 迭代关系式: 由于面状对象的“铺盖”特征, 每一个集合 X_{i-1} 都可以找到一个与之对应的集合 X_i , 使得 $X_{i-1} \subseteq X_i$:

$$X_i = \begin{cases} X_{i-1} \cap \text{现状要素图层} & i \text{ 为奇数} \\ X_{i-1} \cap \text{更新要素图层} & i \text{ 为偶数} \end{cases}$$

公式 (3-1)

(3) 迭代控制条件: $X_i - X_{i-1} = \emptyset$ 。由于更新要素图层和现状要素图层具有相同的空间范围, 因此至少可以找到一对 $\langle X_{i-1}, X_i \rangle$ 满足迭代控制条件。如果满足 $X_i - X_{i-1} = \emptyset$, 即进入步骤 4。否则, $i++$, 返回步骤 2。

(4) 迭代结果: $\langle X_{i-1}, X_i \rangle$ 为一组变化亲缘要素集合。

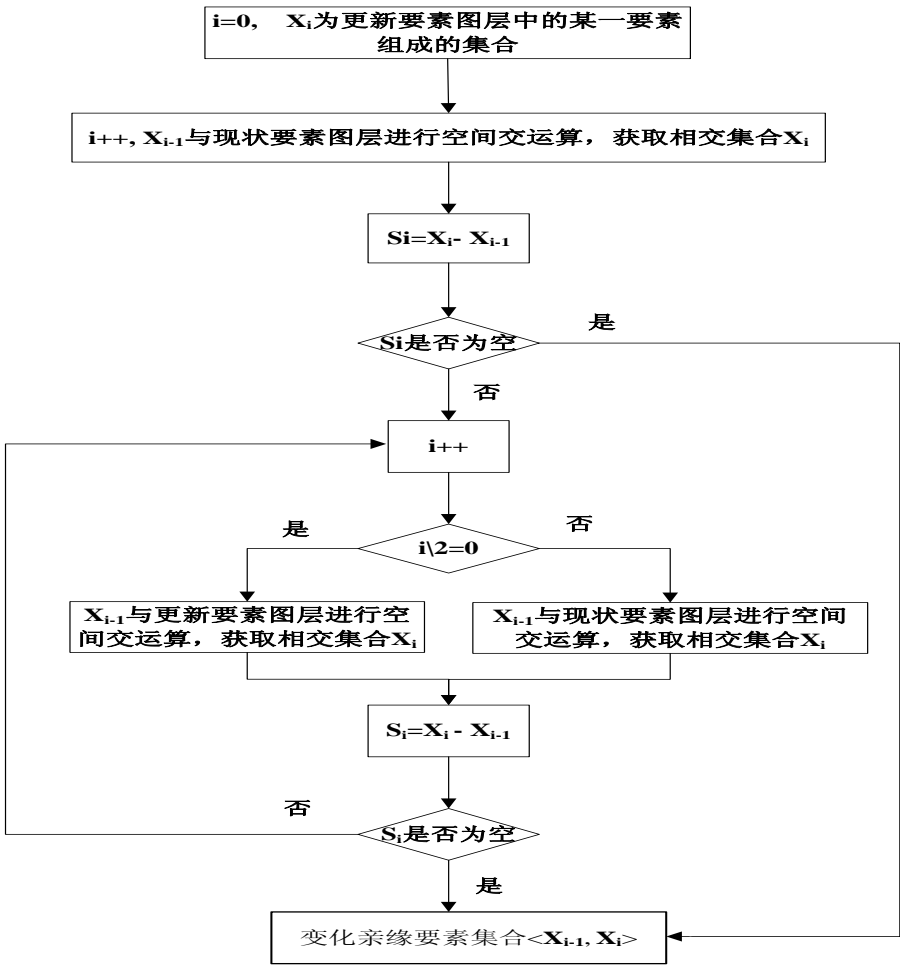


图 3-2 面状变化亲缘要素集合获取流程

3.2.2 事件信息的检测

综合考虑面状要素的各种变更情况, 总结得到继承关系与变更事件之间的对应关系, 如表 3-1 所示。其中, 一些继承关系与事件之间存在唯一对应关系, 例如, $1:N$ 对应分割事件、 $N:1$ 对应合并事件、 $M:N$ 对应复杂变更事件。但是, 对于 $1:1$ 和 $N:N$ 的继承关系, 则不能通过继承关系来唯一确定变更事件类型。

表 3-1 地籍面状要素继承关系与变更事件关系表

继承关系	地理事件类型
1 : 1	界址调整、属性变更、无变更
1 : N	分割
N : 1	合并
N : N	界址调整、复杂变更
M : N	复杂变更

本研究选取“继承关系”、“拓扑关系”、“属性关系”三个因素作为前提条件，并以此为基础，判断获取的面状要素变化信息的事件类型，继而获得线状和点状的增量信息。其中，“继承关系”为主要前提条件，“拓扑关系”、“属性关系”为辅助前提条件。在通过主要前提条件不能得到结论的情况下，引入辅助前提条件进行判断。

(1) 分割事件

如表 3-1 所示，如果变更前后具有亲缘关系对象之间的数量比值为 $1:N$ ，即变化亲缘要素集合 $\langle X_{i-1}, X_i \rangle$ 包含的对象数量之比为 $1:N$ 的时候，宗地发生了分割事件。相应的，宗地的分割事件会引起界址线和界址点的新增事件。在进行界址线的变化检测时，分别获取变更前后界址线图层中被 $\langle X_{i-1}, X_i \rangle$ 范围覆盖的界址线要素集合 L_t 和 L_u ，利用空间差运算 L_u 差 L_t ，直接获取新增的界址线要素集合 L_a 。同理通过获取界址点要素集合 P_t 和 P_u 来获得新增的界址点集合 P_a 。检测宗地分割时，应该启用新的宗地号、界址线号和界址点号，将旧的地籍要素作为历史数据存入历史数据库，旧的编号不再使用。宗地分割及相应的界址线和界址点检测流程如下：

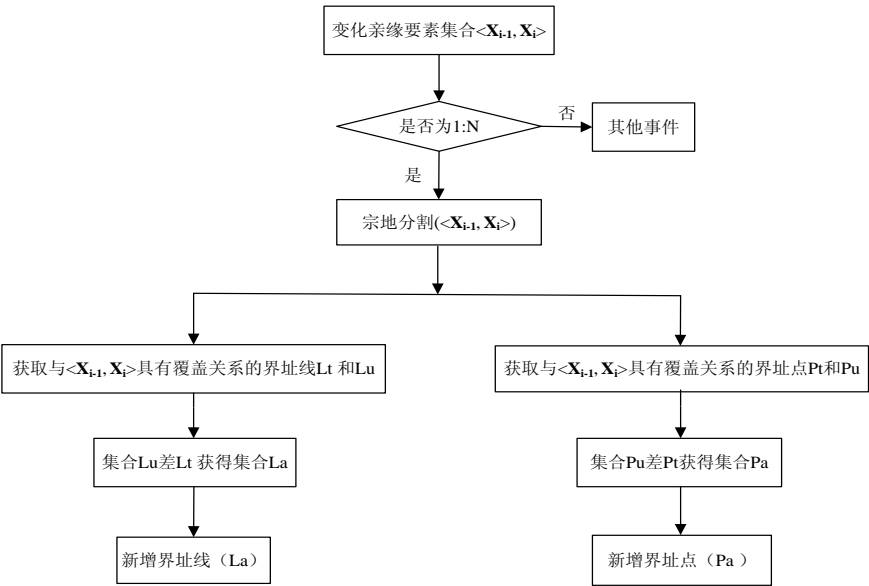


图 3-3 分割事件检测流程

(2) 合并事件

如表 3-1 所示，如果变更前后具有亲缘关系的对象之间的数量比值为 $N:1$ ，即变化亲缘要素集合 $\langle X_{i-1}, X_i \rangle$ 包含的对象数量之比为 $N:1$ 的时候，宗地发生了合并事件。相应的，宗地的合并事件引起界址线和界址点的消亡事件。在进行界址线的变化检测时，分别获取变更前后

界址线图层中被 $\langle X_{i-1}, X_i \rangle$ 范围覆盖的界址线要素集 L_t 和 L_u ，利用空间差运算 L_t 差 L_u ，直接获取发生消亡的界址线集合 L_d 。同理通过获取界址点要素集合 P_t 和 P_u 来获得消亡界址点集合 P_d 。宗地合并时，应该启用新的宗地号、界址线号和界址点号，将旧的地籍要素作为历史数据存入历史数据库，旧的编号不再使用。下图 3-4 为相应的检测流程。

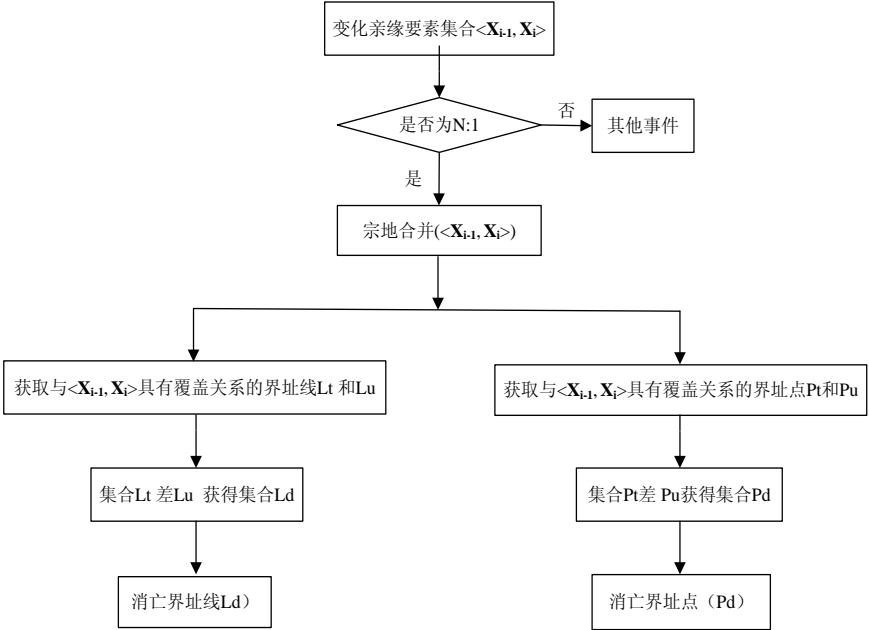


图 3-4 合并事件检测流程

(3) 界址调整

如表 3-1 所示，如果变更前后具有亲缘关系的对象之间的数量比值为 1:1 或者 N:N 的时候，宗地有可能发生了界址线调整事件。

当变化亲缘要素集合 $\langle X_{i-1}, X_i \rangle$ 包含的对象数量之比 1:1 时，宗地对应的事件类型可能为界址调整（新增界址点或删除界址点）、属性变更与无变更。由于属性变更与无变更事件都不会导致面状对象空间特征的变化，因此两类事件对面状对象及其相关线状对象、点状对象之间的拓扑关系不产生影响；恰恰相反，界址线调整事件的发生会引发面状对象空间特征的变化，从而对拓扑关系产生影响。因此，当检测对象为宗地时，可以通过判断拓扑关系的变化与否将界址调整事件与其它两类事件区别开来。获取与宗地相交的界址点并判断条件“对于变更前/后的每一个界址点，在变更后/前的界址点中，是否都存在与其具有相等关系的界址点”的取值：当条件取值为“否”时，为界址调整事件；否则为属性变更或无变更事件。

当变化亲缘要素集合 $\langle X_{i-1}, X_i \rangle$ 包含的对象数量之比为 N:N 时，对应的事件类型可能为界址调整（移动界址线（点））或复杂变更。对于以上两类事件，可以利用拓扑关系进一步加以区分，即判断“变更前后的宗地是否都相遇于公共的界址点或界址线”与“变更前后的宗地彼此之间的拓扑关系是否保持不变”，当两个条件都取值为“是”，则为界址线调整；否则为复杂变更。

宗地的界址线调整事件会同时引起界址线和界址点的新增和消亡事件。在进行界址线的变化检测时，分别获取变更前后界址线图层中被 $\langle X_{i-1}, X_i \rangle$ 范围覆盖的界址线要素集 L_t 和 L_u ，

利用空间差运算 L_t 差 L_u 和 L_u 差 L_t ，来获得新增的界址线要素集合 L_a 和消亡的界址线集合 L_d 。同理通过获取界址点要素集合 P_t 和 P_u 来获得新增的界址点集合 P_a 和消亡界址点集合 P_d 。宗地界址线调整时，不启用新的宗地号，只启用新的界址线号和界址点号，将旧的地籍要素作为历史数据存入历史数据库。下图 3-5 为相应的检测流程。

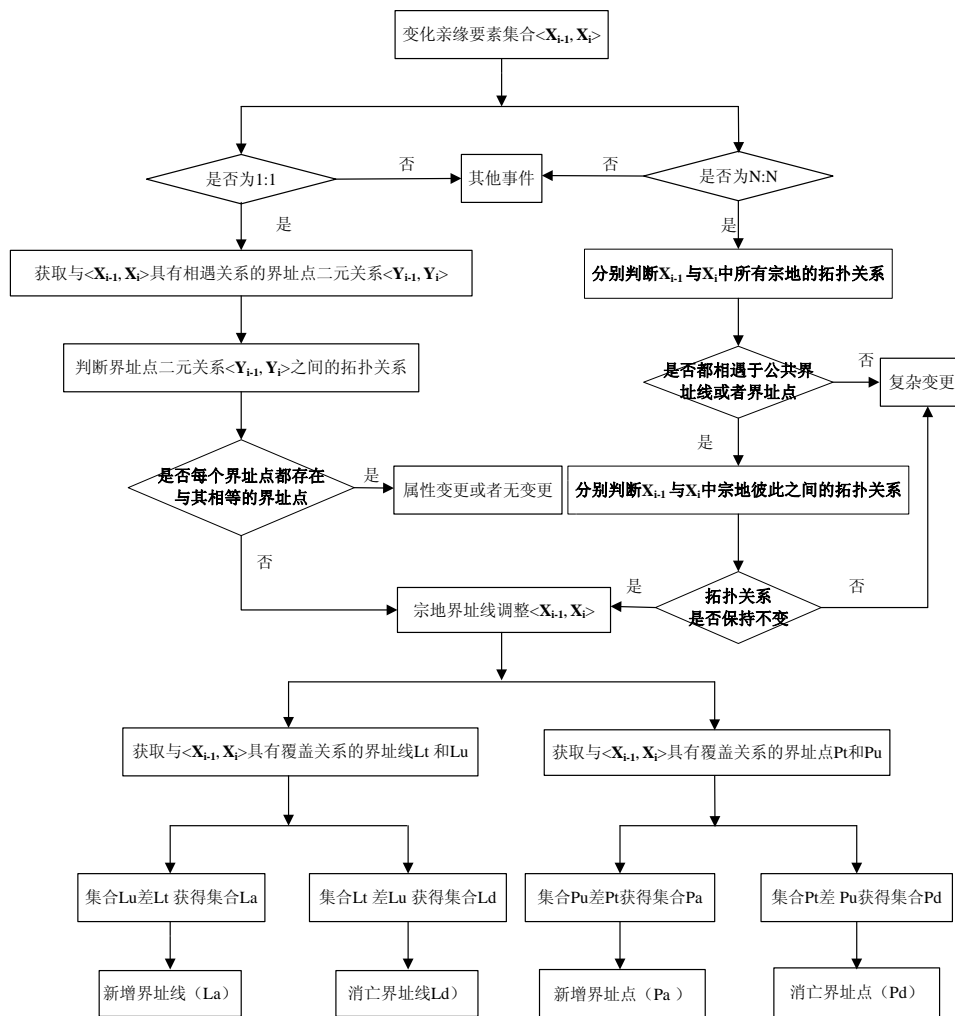


图 3-5 界址调整事件检测流程

(4) 复杂变更

如表 3-1 所示，如果变更前后具有亲缘关系的对象之间的数量比值为 $M:N$ 或者 $N:N$ 的时候，宗地有可能发生了复杂变更事件。

当变化亲缘要素集合 $\langle X_{i-1}, X_i \rangle$ 包含的对象数量之比 $M:N$ 时，对应的时间类型应该为复杂变更。

当变化亲缘要素集合 $\langle X_{i-1}, X_i \rangle$ 包含的对象数量之比为 $N:N$ 时，对应的事件类型可能为界址调整（移动界址线（点））或复杂变更。从上面的界址线调整事件分析可知，可以利用拓扑关系进一步加以区分，即判断“变更前后的宗地是否都相遇于公共的界址点或界址线”与“变更前后的宗地彼此之间的拓扑关系是否保持不变”，当两个条件任意一个取值为“否”时，则为复杂变更；只有两个条件都为“是”时，才为界址线调整。

宗地的复杂变更事件会同时引起界址线和界址点的新增和消亡事件。在进行界址线的变化

检测时，分别获取变更前后界址线图层中被 $\langle X_{i-1}, X_i \rangle$ 范围覆盖的界址线要素集 L_t 和 L_u ，利用空间差运算 L_t 差 L_u 和 L_u 差 L_t ，来获得新增的界址线要素集合 L_a 和消亡的界址线集合 L_d 。同理通过获取界址点要素集合 P_t 和 P_u 来获得新增的界址点集合 P_a 和消亡界址点集合 P_d 。宗地复杂变更时，应该启用新的宗地号、界址线号和界址点号，将旧的地籍要素作为历史数据存入历史数据库，旧的编号不再使用。下图为复杂变更事件的检测流程。

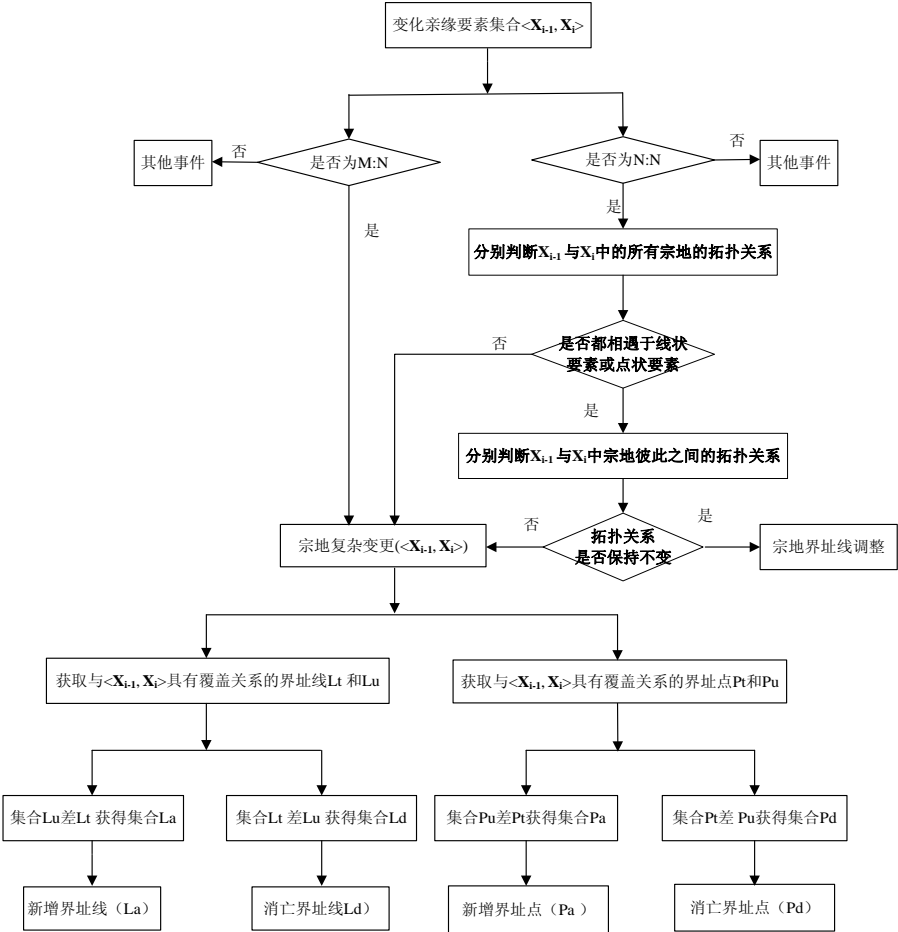


图 3-6 复杂变更检测流程

(5) 属性变更

如表 3-1 所示，如果变更前后具有亲缘关系的对象之间的数量比值为 1:1，宗地有可能发生了属性变更事件。

当变化亲缘要素集合 $\langle X_{i-1}, X_i \rangle$ 包含的对象数量之比 1:1 时，宗地对应的事件类型可能为界址调整（新增界址点或删除界址点）、属性变更与无变更。由界址线调整事件可知，只要通过与宗地相交的界址点并判断条件“对于变更前/后的每一个界址点，在变更后/前的界址点中，是否都存在与其具有相等关系的界址点”的取值：当条件取值为“是”时，为属性变更或无变更事件；否则为界址调整事件。对于属性变更事件与无变更事件，可以通过引入“属性关系”进一步区分。属性关系的判断过程比较简单，只要依次遍历变更前后面状对象的属性，并逐一进行对比，即可得到结论。

宗地的属性变更事件不会引起界址线和界址点的新增和消亡事件，故当宗地的属性变更检

测结束之后，相应宗地的检测就结束。宗地属性变更时，不启用新的宗地号，将旧的地籍要素作为历史数据存入历史数据库。下图为属性变更相应的检测流程。

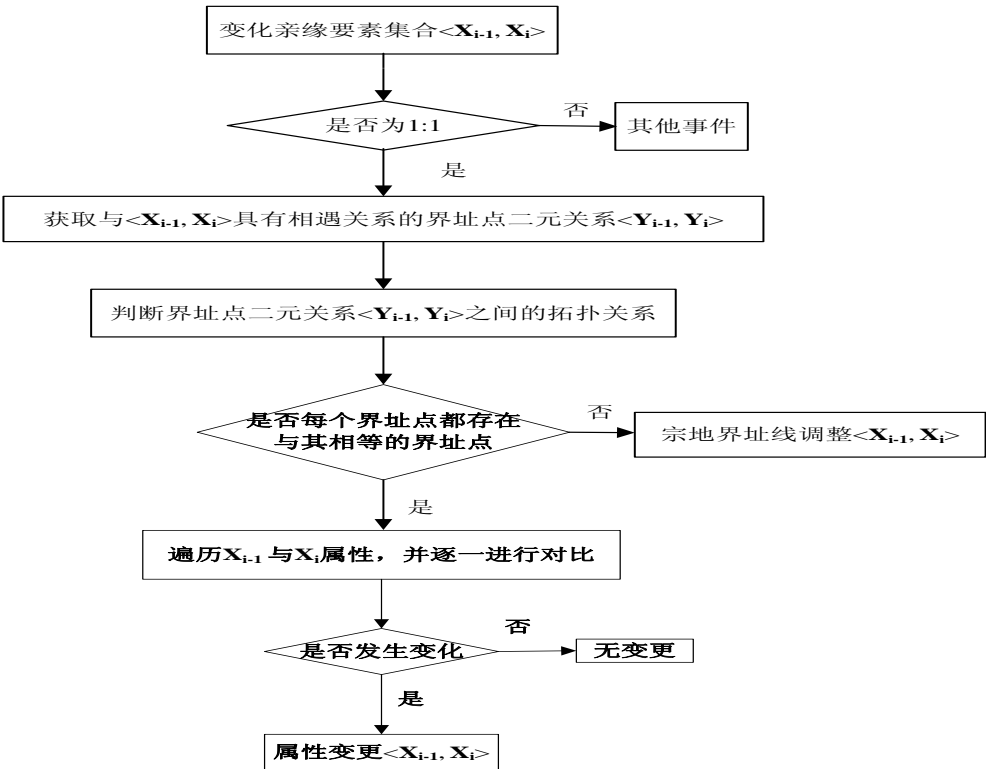


图 3-7 属性变更事件检测流程

综上所述，由“继承关系”、“拓扑关系”与“属性关系”三个关系共同组成的前提条件，通过变换不同的取值，可以推导出各种引起地籍面状要素变更的地理事件，总结得到继承关系与地理事件之间的对应关系，如表 3-2 所示：

表 3-2 地籍面状要素继承关系与地理事件对应表

继承关系	前提		结论
	拓扑关系	属性关系	(事件类型)
1 : 1	变化	\	界址调整
	无变化	变化	属性变更
	无变化	无变化	无变更
1 : N	\	\	分割
N : 1	\	\	合并
N : N	无变化	\	界址调整
	变化	\	复杂变更
M : N	\	\	复杂变更

注：“\”表示不需要判断该因素

3.3 本章小结

本章主要内容是地籍增量更新自动处理方法的实现。针对内外业一体化更新方式中存在的问题，设计了一套地籍数据库的增量更新检测流程，该流程应用了应用集合论、迭代法等基础理论，在空间叠加获取变化信息的基础之上，通过判断“继承关系”、“拓扑关系”与“属性关系”三个因素的不同取值，进一步推导事件类型。针对不同的地籍事件类型，设计了相应的增量信息的检测方法。

第四章 地籍更新数据库的设计与查询

地籍要素变化检测发现了地籍对象的增量信息,地籍更新入库是下一步的工作。地籍数据库具有典型的实体特征,因此地籍数据库的设计包括空间数据的组织与时空数据的管理两个部分。本章以全关系型数据库为基础,选用当前流行的空间数据库引擎 ArcSDE 和 SQLServer2000 数据库管理系统为平台进行地籍数据库的设计。

4.1 空间数据的组织

4.1.1 空间数据库的发展阶段

空间数据早期是以纸质方式保存的,如纸质地图等。当计算机技术被应用到空间数据处理方面时,其保存的内涵发生了很大的改变。如何应用计算机技术保存空间数据,不仅关系到这些空间数据的保存,而且关系到这些空间数据是否被快速高效的利用。

由于空间数据的特殊性,它要处理的数据具有空间特征、空间关系及非结构性等,难以在关系模型中表达,而且以空间数据表示的地物不仅具有空间信息,还具有很多的非空间的附属信息,存储过程较为复杂。

从管理模式方面来说,空间数据库的发展大致经历了五个阶段^[39]:

(1) 纯文件管理模式

最早采用的空间数据存贮方式。这种模式将GIS中所有的数据都存放在自行定义的一个或者多个文件中,属性数据和空间数据之间通过标识码来建立关联。这种方法操作简便、软硬件投资较小。但不便于文件管理,数据稳定性不好;对于数据的安全、共享以及并发操作和事务处理都难以提出行之有效的措施。

(2) 文件与关系数据库混合管理模式

通常存储属性数据要比存储空间数据简单得多。这种模式用关系数据库来存储属性数据,而空间数据保持原有文件结构不变,它们之间通过目标标识或者内部连接码进行连接,很明显,两者除了这个标识之外几乎是独立地组织、管理与检索。这种管理模式还不能说建立了真正意义上的空间数据库管理系统。

(3) 全关系型数据库管理模式

这种模式是指空间数据和属性数据都用现有的关系数据库进行管理,在此基础上进行开发,将空间数据以二进制数据块的形式存储,通过不同的接口访问空间数据和属性数据。在数据块中,一个空间实体对应一条数据记录,这样带来的直接好处是避免了连续关系的查找。但是由于空间数据的不定长,会造成存储效率低下。此外,它并不支持空间数据检索和共享,需要自行开发空间数据访问接口或进行扩展。

(4) 面向对象的数据库管理模式

这种模型最适应于空间数据的表达和管理,它不仅支持变长记录,而且支持对象的嵌套、信息的继承与聚集,允许用户定义对象和对象的数据结构以及它的操作。它管理空间数据,可以通过增加数据类型以支持空间数据,如点、线、面等几何体,还允许定义对它们的基本操作,甚至较复杂的运算。也可以由对象数据库管理系统“无缝”地支持。然而,目前面向对象数据库还不够成熟稳定,不具有原先关系数据库所具有的良好性能,比如:对查询语言的自动化及处理,支持视图、支持授权等。目前在GIS领域还不太通用。

(5) 对象关系数据库管理模式

这种模式是在关系数据库管理系统中进行扩展,使之能直接存贮和管理非结构化的空间数据。这种扩展的空间对象管理模块解决了空间数据变长记录的管理,效率要比二进制块的管理高得多。它利用面向对象建模的能力,来提供对复杂数据进行复式查询的支持。在底层用关系表格文件来实现,在逻辑设计时支持面向对象的概念,是面向对象和关系型数据库管理的结合。但它仍然没有解决对象的嵌套问题,空间数据结构也不能由用户任意定义,使用上仍然受到一定限制。

4.1.2 ArcSDE 中的数据组织形式

ArcSDE, ESRI 公司提供的空间数据引擎,是空间数据库的一种解决方案,应用十分广泛。ArcSDE 属于中间技术,本身并不能存储任何空间数据或者认证信息等,它可以理解为是数据库的“空间扩展”。作为一个高级的数据服务器,它支持新一代的地理数据模型产物 Geodatabase,也可以访问任意格式的 GIS 数据,以高质量、大数据容量、空间数据完整性来保证空间数据的真实性^[40-45]。

(1) Geodatabase数据组织形式

随着数据库技术和 GIS 的长足发展,尤其是近来对象关系型数据库的出现,面向对象的思想逐渐融入到数据库设计理念中,以及应用到 GIS 领域。ESRI 公司推出的全新空间数据模型 Geodatabase 就是面向对象的数据模型,是 ArcGIS 数据模型发展的第三代产物。

Geodatabase 模型是将每一个对象都看做是一个要素(Feature),而将具有相同特征或属性的要素集合看作是一个要素类(FeatureClass)。地籍数据库中的界址点、界址线、宗地分别属于点要素类、线要素类和面要素类,具体的每一个界址点、每一条界址线、每一块宗地分别是一个要素。Geodatabase 中空间要素类如图 4-1 所示。

在 Geodatabase 数据模型中,用户可以在数据中加入所表示空间数据的行为或方法以及其它任意的关系和规则,能够表示要素的自然行为和要素之间的关系,使现实世界的空间数据对象与其逻辑数据模型更加接近。例如地籍要素对象间拓扑关系规则的设定,相邻的宗地间、界址线与宗地之间不能有空隙,宗地呈“平铺”的方式分布在各街坊中,宗地之间、块地之间、宗地与块地之间不能有重叠。这些都可以通过制定相应的规则“多边形之间不能有重叠”、“相邻多边形之间不能有缝隙”、“线必须在多边形边界上”、“点必须在多边形边界上”来约定。用户在 Geodatabase 中定义的对象不再是传统 GIS 对空间数据抽象后的“点”、“线”、“面”等简单的空间要素。

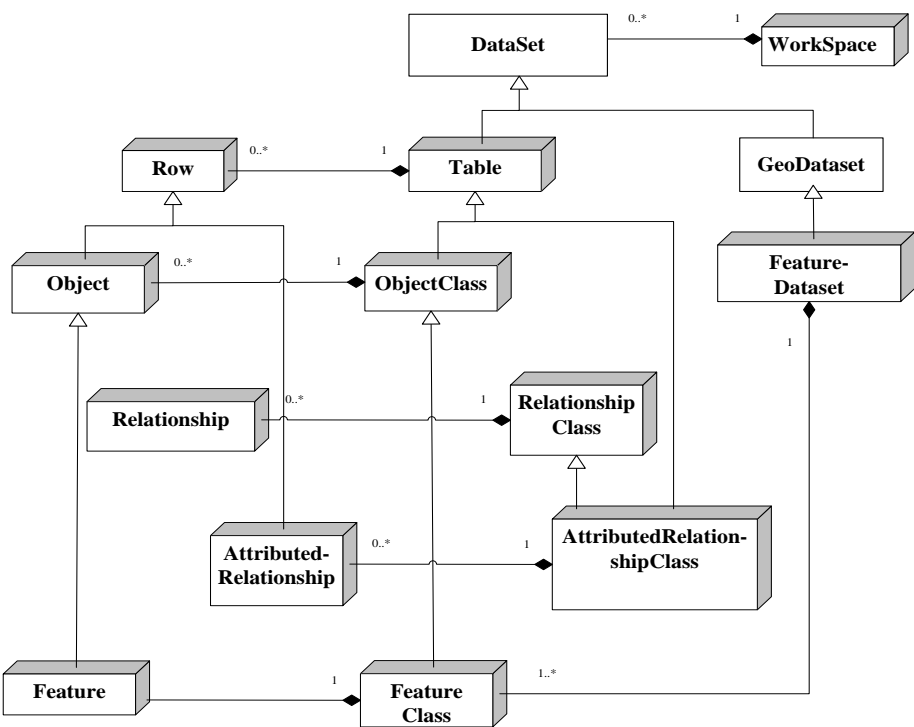


图 4-1 Geodatabase 模型图

(2) ArcSDE空间数据组织的形式

ArcSDE 通过把空间坐标信息存储为长二进制数据类型，用多张相关联的表来表达空间和属性数据之间关系，以及空间数据内部结构的方法来组织和存放空间要素而不改变和影响现有数据库的使用。

ArcSDE 对所有的图层建立了图层表（Layer Table），其中，每条记录对应一个图层，其中记录了如下信息：所有者、对应表名、空间数据列名称、空间索引大小、包络矩形（MBR）、内部 ID 号（Layer—ID）等。每一个图层由业务表（Business Table）、要素表（Feature Table）和空间索引表（Spatial Index Table）组成，3 个表的名称有一定的规律，其中，业务表的名称为图层名称，要素表名称为 f 加（Layer—ID），索引表的名称为 s 加（Layer—ID）。业务表中每一行代表一个地物要素用来存放地物要素的属性数据，通过 Shape 字段和其它两个表关联。

要素表包括要素标识符（fid）、要素包含的点的数目、shape 的类型、shape 的包络矩形以及要素的坐标点信息等。每个 shape 的包络矩形是指覆盖一个完整要素的最小矩形边框的左上角和右下角的坐标对（x，y）以及中心点的坐标对。

对于点要素是可以单一的（x，y）坐标表示，对于简单线要素是一组不自相交的（x，y）坐标，对于线要素是一组可自相交的（x，y）坐标，对于面要素是一组起点和终点坐标值相等的（x，y）坐标定义的同质、闭合的面。一个多边形可以有一个内部的洞（内部边界），先以顺时针方向存储外围边界点，再以逆时针方向存储内部的边界点。在 ArcSDE 中的洞并不被认为是一个 shape，仅仅表示多边形内部的一个空的空间，在计算面积时被排除。

综上所述，本文采用全关系型数据库管理，目前，关系型数据库不论在理论上还是工具，都已成熟，它们提供了一致性检查，通用的访问接口也便于实现数据共享。这些正是构造企业级的地籍信息系统所需要的。同时，由于地籍信息包括了十分丰富的空间数据和非空间数据，为了和

属性数据进行统一高效的管理,形成一体化的数据库,系统利用空间数据库引擎将空间数据库放在关系数据库中,利用ArcSDE对空间数据进行管理。也就是说,地籍数据库利用ArcSDE扩展现有的关系型数据库的管理功能,实现空间数据和非空间数据的集成统一管理,能加强整个数据库系统的管理能力,提高用户对空间、非空间数据的访问效率。

4.2 时空数据的组织

时态地理信息系统(Temporal GIS,简称TGIS)是对不断变化的地理空间实体更加真实的模拟和表达,其组织基础为时空数据库,其概念基础为时空数据模型^[18]。自从Gail Langran于1992年提出TGIS概念以来,时空数据模型一直是TGIS领域的研究热点。

时空数据模型是一种有效组织和管理时态地理数据,在时间、空间和属性语义方面更加完整地模拟客观地理世界的数据库模型。时空数据模型的优劣,不仅决定了TGIS系统操作的灵活性及功效,而且影响和制约着TGIS其它方面的研究和发展。为此,各国学者纷纷进行大量的努力,提出了各种时空数据处理的方法:

(1) 时间作为附加的属性数据。这种方法以关系数据模型为实现基础。由于传统关系模型丰富的语义,较完善的理论和许多高效灵活的实现机制,使人们开始尝试在传统空间关系模型中加入时间维,扩充关系模型、关系代数及查询语言,模拟处理时态数据,增强存储管理功能,实现时空数据存取的高效索引技术,从而直接或间接地基于关系模型支持时空数据的存储、表示和处理。在关系方法中,根据其扩充时态性所基于的不同级别,可分为关系级、元组级和属性级方法,它们分别是在关系级、元组级和属性级上处理时间。关系级方法是通过一系列沿时间维的关系快照,模拟整个关系中各目标的历史,特点是概念简单、易于理解,但数据高度冗余,单个目标对象的历史状况表达模糊。元组级方法是时间标记在元组水平,一旦对象的性质发生任何变化,一个新的元组就被加进关系表中,而所有没发生变化的性质被重复,这将使存储空间迅速增长,影响查询的反应时间。此外,由于对象的时间和空间关系彼此分离。给空间数据和属性数据的联系带来困难,致使要求知道空间、时间及属性的应用时,需建立更多的附加关系,又引起对内存需求的增加,并且人机对话环境中潜伏着许多操作上的问题。属性级方法认为时间应当是属性的而不是元组的一部分,意味着模型中的关系不再是以前的正规形式,而是属性随时间变化的,相应提出的非第一范式(NINF)形式,虽能较好的体现时间的结构和特性,减少数据冗余,但不再能利用现成RDBMS,技术上还有一定难度。

(2) 时间作为新的一维。由于高维的拓扑矢量GIS允许时空联结操作和拓扑查询,使得这种模型克服了地理关系模型的限制,减少了数据冗余。但这种方法也存在着缺点:第一,要获得高维对象构建的有效算法还有根本的困难;第二,空间数据与非空间数据的变化还必须分别处理;第三,时间和空间在性质上和潜在查询的参考基础上有重大不同。这有可能造成在GIS应用中高维表达的语义不正确;最后,不可能利用现有的GIS和DBMS支持高维对象。

(3) 面向对象方法。MichaelEWorboys(1994)、DonnaJ. Peuquet(1995)、舒红、龚健雅等首先关注面向对象(Object. Oriented)技术在时空数据建模中的运用。尽管面向对象技术在建模概

念、理论基础和实现技术上还没有达成共识、不够成熟，但它以更自然的方式对复杂的时空信息模型化，是支持时空复杂对象建模的最有效手段，它的最基本优点是打破关系模型范式的限制，直接支持对象的嵌套和变长记录。近年来，面向对象技术已越来越引起时空数据研究者的兴趣。从 OO 技术逐渐引入地理信息模型的历程来看，面向对象的地理信息模型的开发可分为三个阶段：模拟纯空间信息；模拟时空信息；模拟时空及属性信息。

综上所述，在总结分析了空间数据管理方式的基础之上，本文选取关系型数据库加 ArcSDE 的技术路线对空间数据进行存储，同时采用时间作为属性的办法来进行时空数据的集成。

4.3 地籍数据库设计

4.3.1 地籍数据库的概念数据模型

数据模型是数据库技术的重要组成部分，是对现实世界的数据进行客观、抽象和形式的描述。地籍数据既存在空间特征，也存在时态性特征，所以在设计地籍数据库时要充分考虑地籍数据的时空特征。地籍数据是对现实世界中的各个时空对象的另外一种描述，如何在数据库中将各个对象表达出来，决定于我们采用何种概念模型。概念模型是关于实体即实体间联系的抽象概念集^[46]，最常用的概念模型表示方法是实体—联系方法[Entity—Relationship method]。该模型也被认为是最有力的概念模型描述工具。如果是基于传统的E-R模型，不能体现出地籍数据的时态性，因为它并未考虑时间维的信息，忽略了地籍要素的生命周期，所以如果基于传统E-R模型设计出的地籍数据库是不能完全满足当前地籍管理数据时态性的要求。所以概念模型仍然继续采用E—R模型，但在其基础上增加时间因素，将现实中的各个地籍对象加入时间信息，也就是增加地籍对象的起始时间(TimeStart)和终止时间(TimeEnd)。

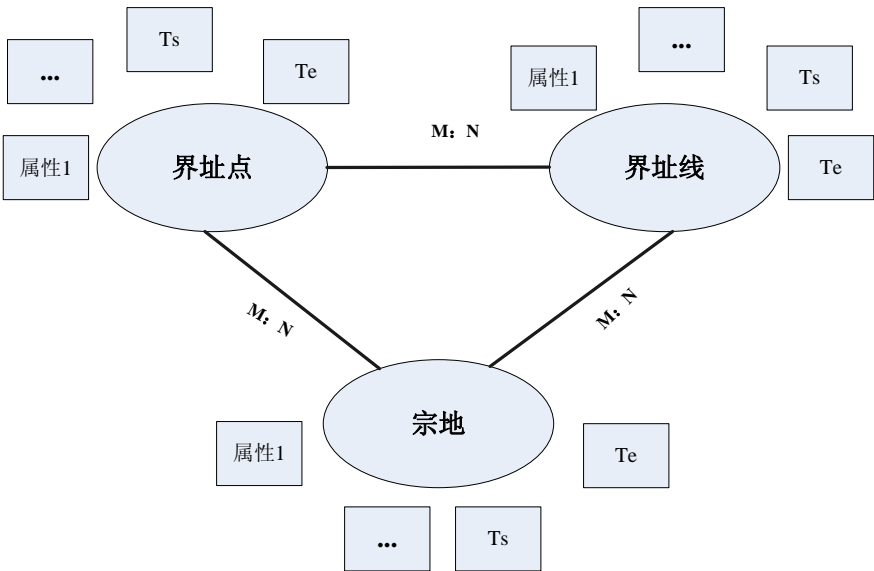


图 4-2 地籍要素关系概念模型

由图4-2可以看出，每一个地籍要素对象都设置了时间属性。因为每一块宗地都是至少由三个界址点、三条界址线组成，而每一个界址点可能位于若干块宗地的边界，每一条界址线位于一块

或两块宗地的边界，所以它们之间都是多对多的关系。

4.3.2 地籍数据库的逻辑结构

在地籍空间数据库中，为了保持现势性和实现历史数据的保存，要为宗地、界址线和界址点分别建立现状表和历史表。其中，宗地的现状表和历史表表结构如表4-1和表4-2所示。

在现状表中，记录当前状态所有宗地的信息，用Ts记录宗地生命周期开始的时间。在历史表中，记录所有消亡宗地的信息，Ts记录宗地生命周期开始的时间，Te记录宗地生命周期结束的时间。当地籍要素发生变化，在现状表中记录新宗地，标注产生时间Ts；相应消亡宗地进入历史表，标注消亡时间Te。

表 4-1 宗地现状表

序号	字段名称	别名	数据类型/长度	约束	说明
01	Object ID	对象标识	文本/18	唯一且不为空	
02	Geometry	空间信息	二进制数据	不为空	注 1
03	Attribute	属性信息	文本	不为空	注 2
04	Ts	开始时间	时间类型	不为空	

注 1：该字段存储了地籍对象的空间几何信息；
注 2：Attribute 标识地籍对象的属性信息，在此不一一列出。

表 4-2 宗地历史表

序号	字段名称	别名	数据类型/长度	约束	说明
01	Object ID	对象标识	文本/18	联合主键	
02	Geometry	空间信息	WKB Geometry	不为空	
03	Attribute	属性信息	文本	不为空	
04	Ts	开始时间	时间类型	不为空	
05	Te	结束时间	时间类型	不为空	

基于以上的时空数据组织结构，在进行历史数据时态查询时，需要利用父子宗地的时空拓扑关系，即空间相交性和时间相接性。该查询方式在实现时需要进行大量的空间和时间运算，效率相对较低。所以，许多学者对此方法进行了改进，利用宗地变更关系表（表 4-3）来记录父子对象之间的继承关系及变更方式，在进行演变查询时，避免了大量的空间和时间运算，方便历史数据的查询。

表 4-3 宗地变更关系表

序号	字段名称	别名	数据类型/长度	约束	说明
01	Child ID	子对象标识	文本/18	不为空	
02	Parent ID	父对象标识	文本/18	不为空	
03	Change Type	变更类型	文本	不为空	

4.4 时空数据查询

在地籍管理中，对于历史数据的查询基本上分为两类：一类是快照式查询，查询某个历史时刻宗地的状态；另一类是演变查询，查询某宗地的历史演变过程。基于以上的数据库设计，以宗地为例，分别介绍历史数据的查询过程。

(1) 快照式查询

a) 查询指定时刻T所有宗地的状态

- 1) 在宗地现状表中，查找满足条件‘ $T_s < T$ ’的所有记录；
- 2) 在宗地历史表中，查找满足条件‘ $T_s < T < T_e$ ’的所有记录；
- 3) 步骤1与步骤2查找的记录即为指定时刻T所有宗地的状态。

b) 查询某个宗地在指定时刻T的状态

- 1) 在宗地现状表中，查找满足条件‘ $T_s < T$ ’的所有记录；
- 2) 在宗地历史表中，查找满足条件‘ $T_s < T < T_e$ ’的所有记录；
- 3) 用指定宗地与宗地集合中的宗地逐一做“overlap”操作，相交面积大于0的宗地为T时刻指定宗地所处的状态。

(2) 演变查询

某个宗地历史演变过程的查询实际上是倒序依次查找当前宗地的父宗地的过程，查询方式主要利用变更关系表来进行查询：遍历整个变更关系表，逐级回退查找当前宗地的父宗地即可。

4.5 本章小结

本章实现了地籍数据库的设计。分别对空间数据和时间数据组织策略进行了探讨，选择了全关系型数据库加 ArcSDE 空间数据库引擎来管理空间数据，将时间作为属性的方法来进行时空数据的集成，最后设计了地籍数据库的存储结构和查询方法。

第五章 实验研究

为了验证本文设计的地籍数据库增量更新处理方法,本章在 Windows XP 环境下,运用面向对象的方法和组件对象技术,用 C#语言设计实现了一个地籍更新的实验系统,并使用实际的地籍数据对本文设计的更新流程进行了实验。

5.1 实验平台和开发环境

考虑到当前国土部门主要采用 ArcGIS 平台构建地籍空间数据库,且本文实验数据源也是 ArcGIS 数据格式。本文结合 ArcSDE 空间数据库管理技术,选用 ArcEngine 组件和 Visual Studio.NET 2005 环境下的 C#语言进行实验系统的开发。

ArcEngine 是美国 ESRI 公司提供的 GIS 技术框架,它是基于 Microsoft 的 COM 技术开发的一套 COM 组件对象集,这个组件集提供了几乎全部的底层 GIS 功能。

ArcEngine 是为辅助应用程序开发而提供的 ArcGIS 控件或可视化组件,本文的实验系统用到了 ArcEngine 中的控件 MapControl、TOCControl 以及 ToolbarControl 中使用的命令、工具和菜单集合。

本文的实验系统中使用了 ArcEngine 的许多接口,其中 ISpatialFilter 接口提供了空间拓扑关系正向查询功能,其中可供选择的拓扑关系类型包括相遇(Touch)、包含(Contain)、包含于(Within)、交叉(Cross)、重叠(Overlap)、包络线相交(Evelope Intersect)、相交(Intersect)等等。这些拓扑关系可应用于 Geodatabase 中的高级几何要素的查询,如 point、multipoint、polyline 和 polygon。使用时如果数据的位置精度不够,则查询结果将出现偏差,ArcEngine 的拓扑关系查询功能应用在地籍更新自动处理中,提高了拓扑关系判定的查找速度,也对数据精度提出了较高的要求。

C#语言是当前系统开发的流行语言。它吸取了其它语言的许多优点,可以解决其它语言的一些问题。与 C++语言相比,C#是一种类型安全的语言,在类型转换时必须遵守严格的规则,.Net 总是可以随时跟踪数据的类型。而且 C#的语法更简单一些,调试也比较简单,其移植性更为强大。因此在实验中选取了 ArcEngine 组件和 C#语言为开发环境。

5.2 系统体系结构

系统由目前比较流行的 Client/Server 结构组成。系统所有的数据都集中在大型关系数据库中,系统通过应用服务器和 C/S 结构连接。系统的体系架构分为三层,由下至上分别为:数据服务层、应用逻辑层和界面层地籍更新体系架构图如图 5-1 所示:

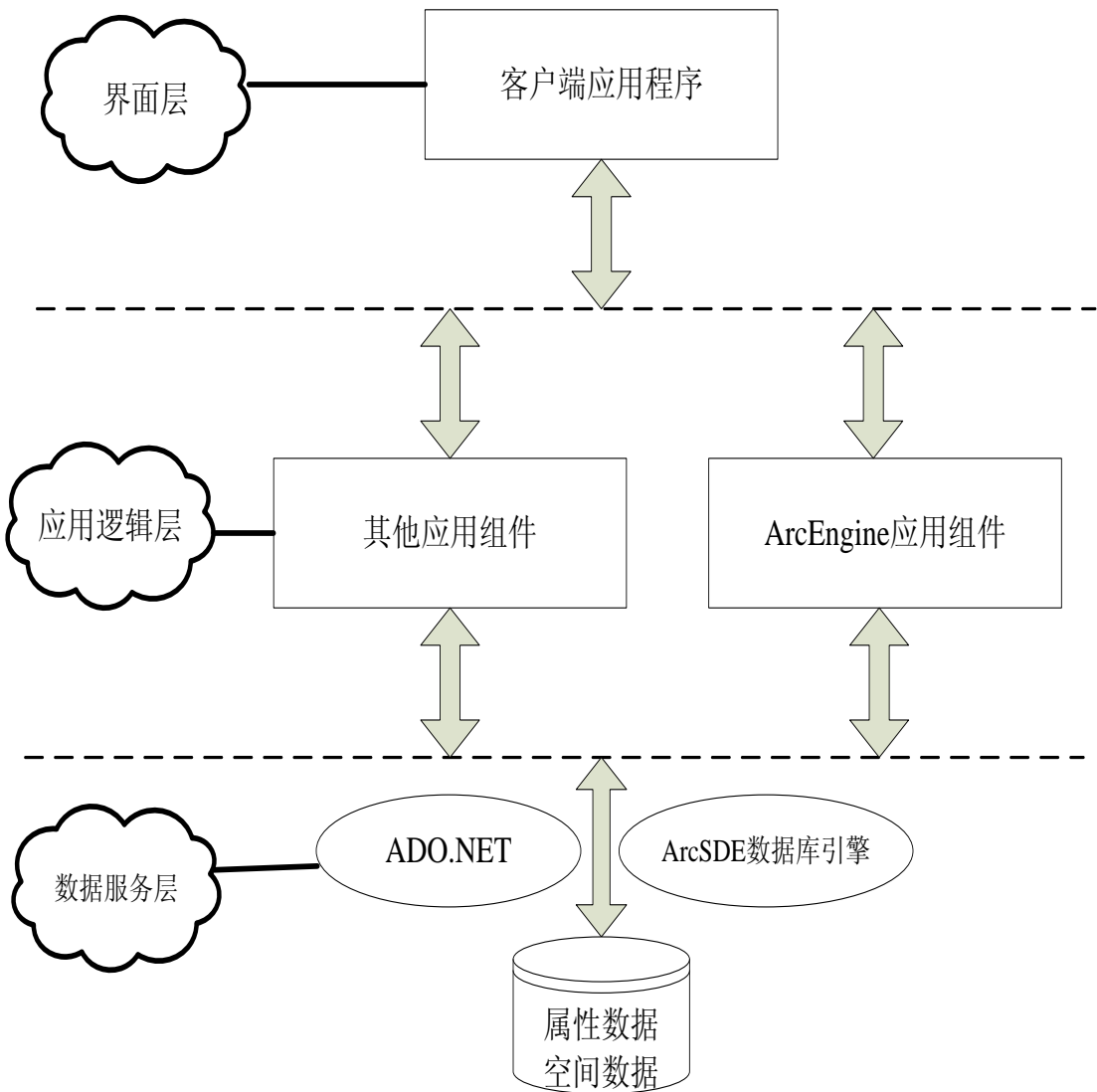


图 5-1 系统体系结构图

数据服务层是由 SQLServer2000和ArcSDE构成，主要功能是存储、访问和管理空间和非空间数据；

应用逻辑层主要是针对各种业务处理分析等逻辑服务构成，是整个系统的核心。本系统中，应用逻辑层的设计均与地籍更新的逻辑相关，包括加载空间数据，地籍要素的变化检测、变化信息的入库更新和历史数据的回溯查询。如果涉及到数据库的访问，则调用数据服务层。

界面主要负责使用者与整个系统的交互，是利用应用逻辑层提供的工具开发出针对用户的各种具体应用。在这一层中，理想的状态是不应包括系统的业务逻辑。表现层中的逻辑代码，仅与界面元素有关。在地籍要素更新系统中，是利用 Visual Studio2005 来设计的，因此包含了需要 WinForm 控件和相关逻辑，还包括 ArcEngine 控件，比如 AxMapControl，AxTOCControl.

采用这种分层式体系结构主要有以下优势：

- (1) 开发人员可以只关注整个结构中的其中某一层；
- (2) 可以很容易用新的实现来替换原来层次的实现；
- (3) 可以降低层与层之间的依赖；

- (4) 有利于标准化;
- (5) 利用各层逻辑的复用;

概括来说，分层式设计可以达到如下目的：分散关注、松散耦合、逻辑复用、标注定义。分层式结构可以使得开发人员的分工更加明确。一旦定义好各层次之间的接口，负责不同逻辑设计的开发人员就可以分散关注，齐头并进。例如 UI 人员只需要考虑用户界面的体验与操作，而数据库设计人员也不必为繁琐的用户交互而头疼了。每个开发人员的任务都得到了确认，开发进度就可以得到迅速的提高。

5.3 主要实现功能介绍

基于变化信息的地籍更新自动处理实验系统的功能如图 5—2 所示。主要包括：

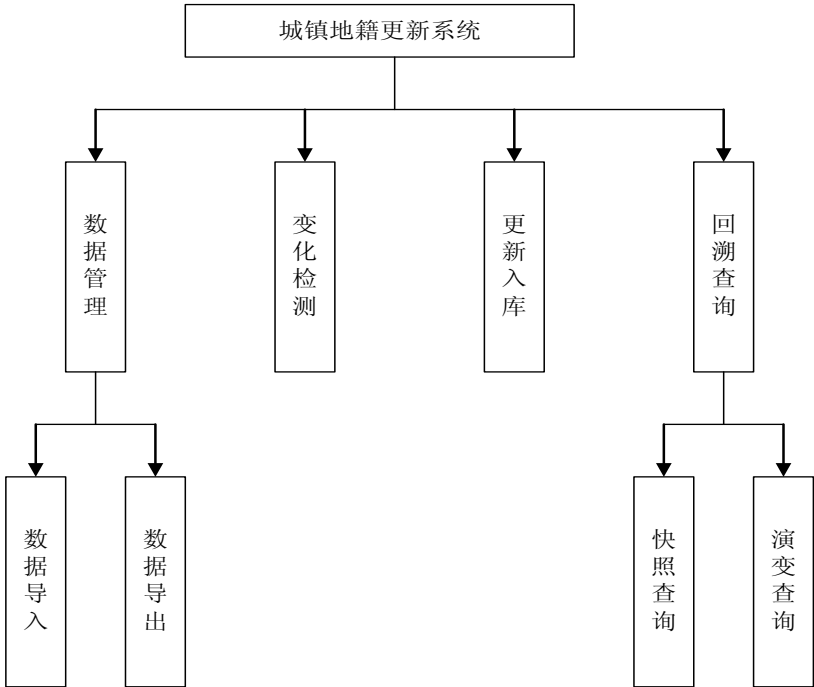


图 5-2 实验系统的主要功能

- (1) 数据的导出导入：依据外业调查需要，实现局部范围数据的导出与导入，为外业测量与内业变更提供数据。
- (2) 变化检测：利用变更前后的数据，实现变化信息与事件信息的自动检测，为数据的更新入库奠定基础。
- (3) 更新入库：采用增量存储机制，减少数据冗余，同时在更新时自动维护地籍要素（界址点、界址线、宗地）之间的关系。
- (4) 回溯查询：提供对于地籍要素指定历史时刻状态及演变过程的查询。

5.3.1 地籍更新主界面

地籍更新主界面如图所示，主要是用于浏览地图，实现地图的加载、删除、放大、缩小、漫游等基本功能，以及提供地籍更新事务操作时可视化界面。

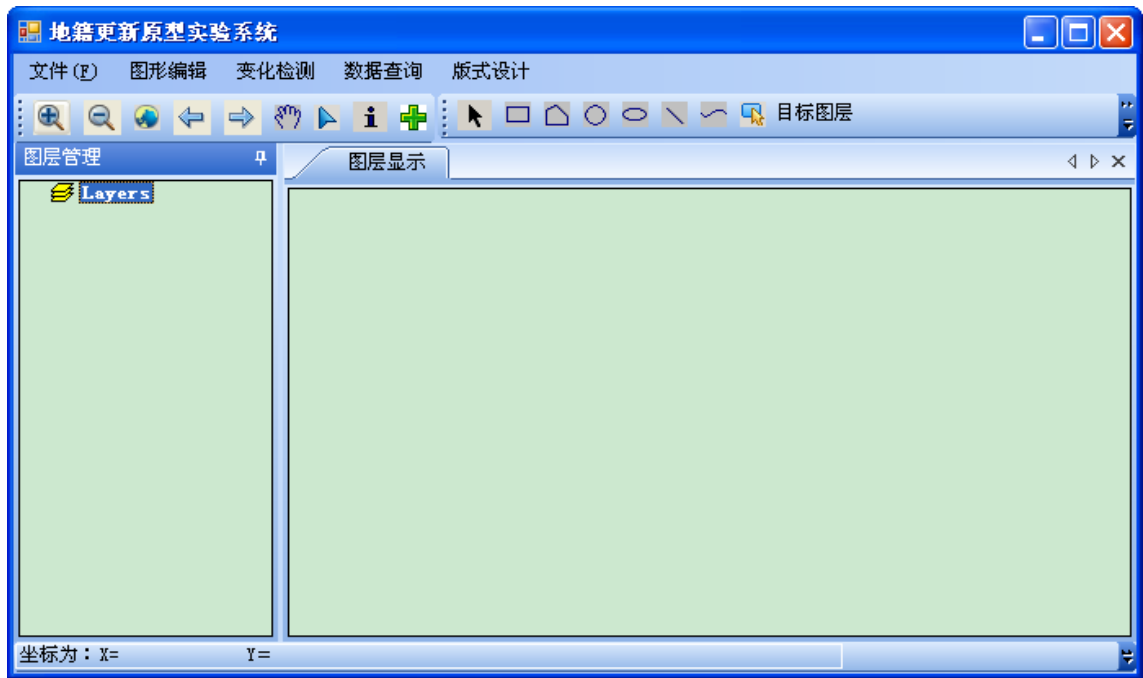


图 5-3 地籍更新主窗体

5.3.2 数据管理

依据外业调查需要，实现局部范围数据的导出与导入，为外业测量与内业变更提供数据。

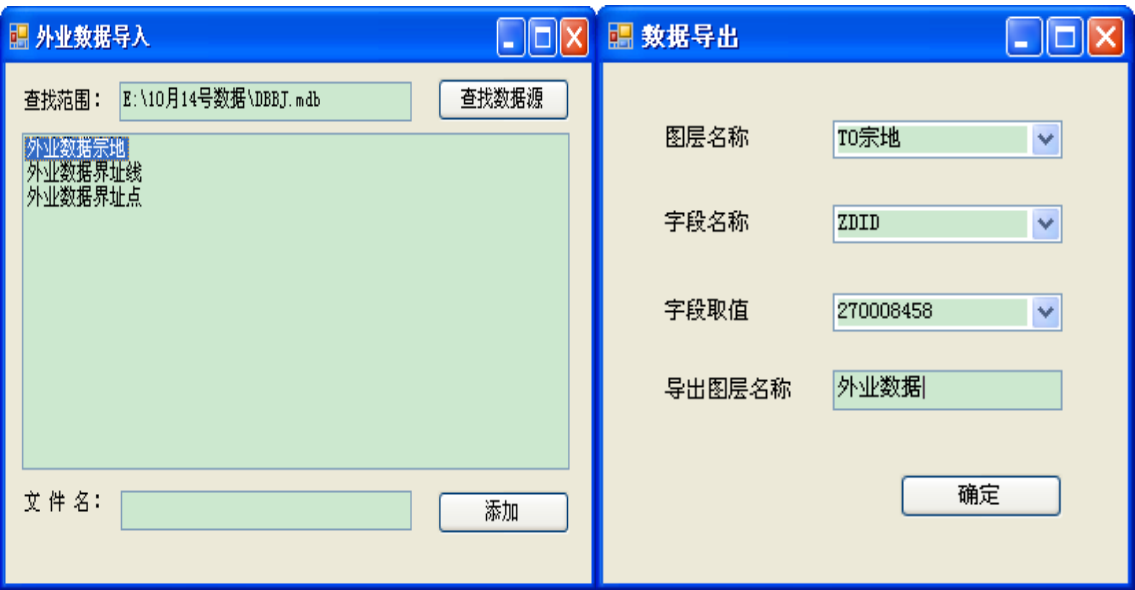


图 5-4 数据导入

图 5-5 数据导出

5.3.3 变化信息检测

变化信息检测主要是为实现变化地籍的变更检测，将检测结果按照宗地、界址线、界址点的顺序显示，变化后的要素编号在前，对应的变化前的要素编号在后。

(1) 宗地分割

如下图 5-6 所示：宗地号为 270008481 的宗地分割生成了新的宗地号为 270008487 和 270008488 的宗地，同时新增了一条编号为 26 的界址线和对应的界址点。



图（a）分割-宗地

图（b）新增-界址线



图（c）新增-界址点

图 5-6 宗地分割

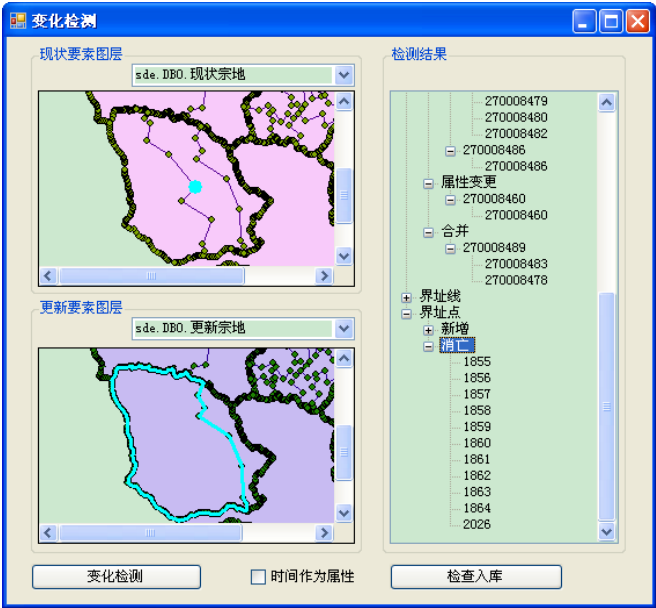
(2) 宗地合并

如下图 5-7 所示：宗地号为 270008483 和 270008478 的宗地合并生成了新的宗地号为 270008489 的宗地，同时消亡了一条界址线和对应的界址点。



图（a）合并-宗地

图（b）消亡-界址线



图（c）消亡-界址点

图 5-7 宗地合并

(3) 界址线调整

包括了增加界址点、删除界址点和移动界址点。下图 5-8（a）为移动界址点而造成的宗地号为 270008459 和 270008465 的界址线调整，同时造成新增和消亡界址线和界址点。图 5-8（d）为增加界址点引起的宗地号为 270008465 的界址线调整。

(4) 复杂变更

如下图 5-9 所示，宗地号为 270008476、270008485 和 270008486 的宗地经过复杂变更变为宗地号为 270008490 和 270008491 的宗地，同时相应的界址线和界址点发生了消亡和新增的事件。



图 (a) 移动界址点-宗地

图 (b) 新增和消亡-界址线



图 (c) 新增和消亡-界址点

图 (d) 新增界址点-宗地

图 5-8 宗地界址线调整



图 (a) 复杂变更-宗地

图 (b) 新增和消亡-界址线

图 5-9 宗地复杂变更



图 (c) 新增和消亡-界址点

图 5-9 宗地复杂变更

- (5) 属性变更
- 宗地号为 270008460 的宗地发生了属性变更，空间上没有发生变化，宗地号不变。

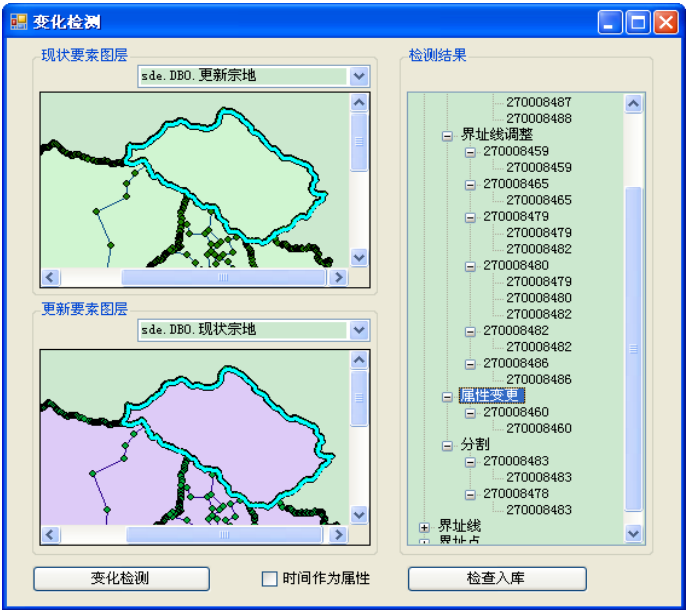


图 5-10 宗地属性变更

5.3.4 更新入库

更新入库分为三步，分别为宗地、界址线和界址点入库，入库之前检查变化检测信息，确认无误之后，检测结果更新入库。

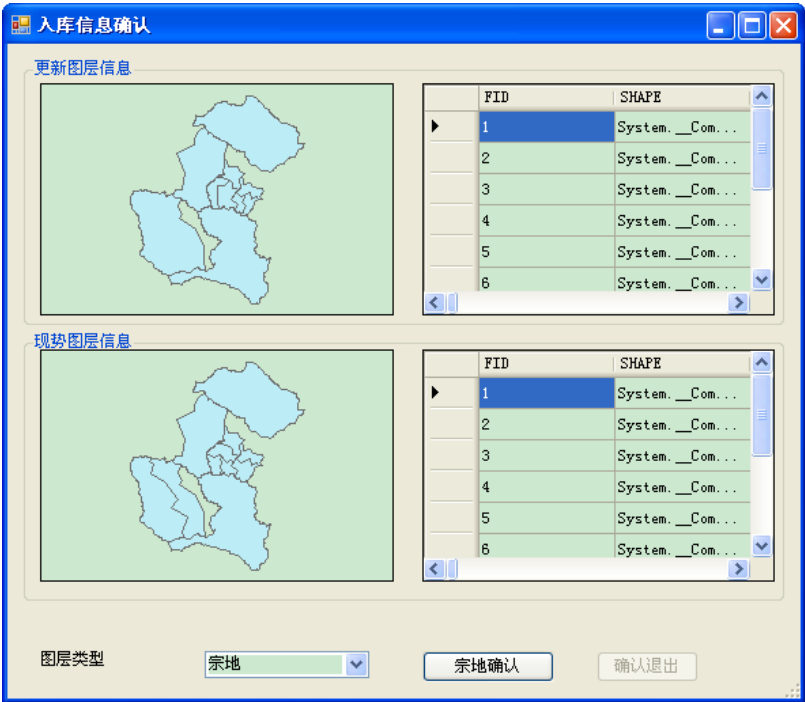


图 5-11 更新入库

5.3.5 回溯查询

历史数据的回溯查询主要分为三种：a) 指定时刻所有宗地状态；b) 指定宗地制定时刻状态；c) 指定宗地的演变查询

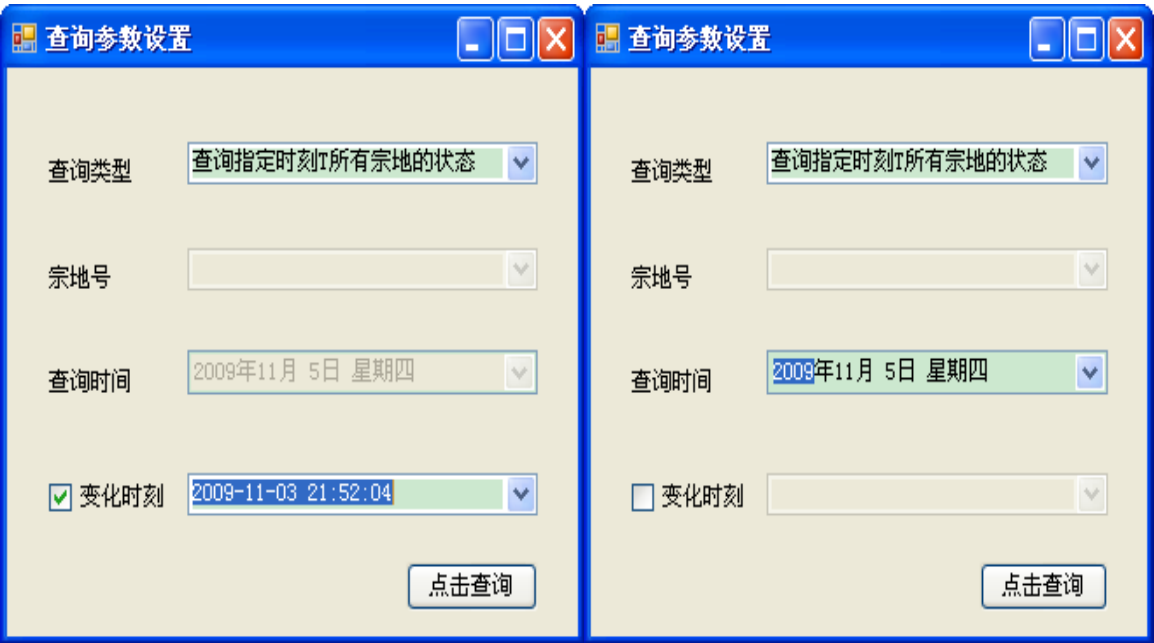


图 (a) 事件发生时刻

图 (a) 任意时刻

图 5-12 查询条件设置

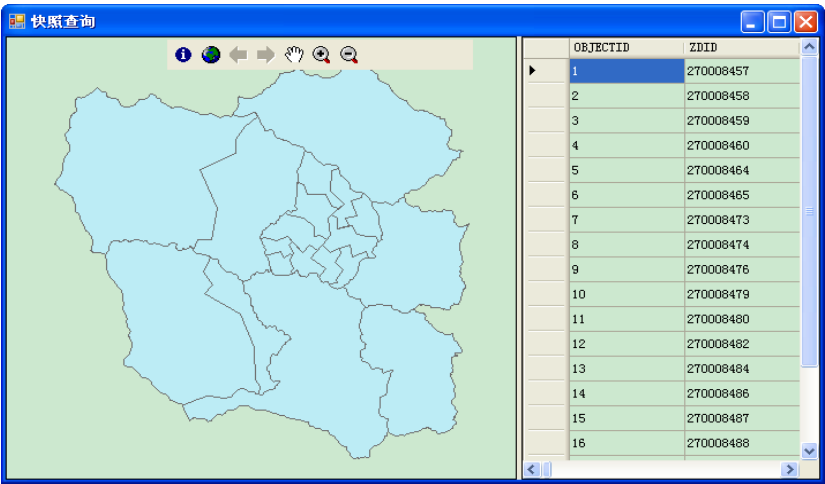


图 5-12 指定时刻所有宗地快照

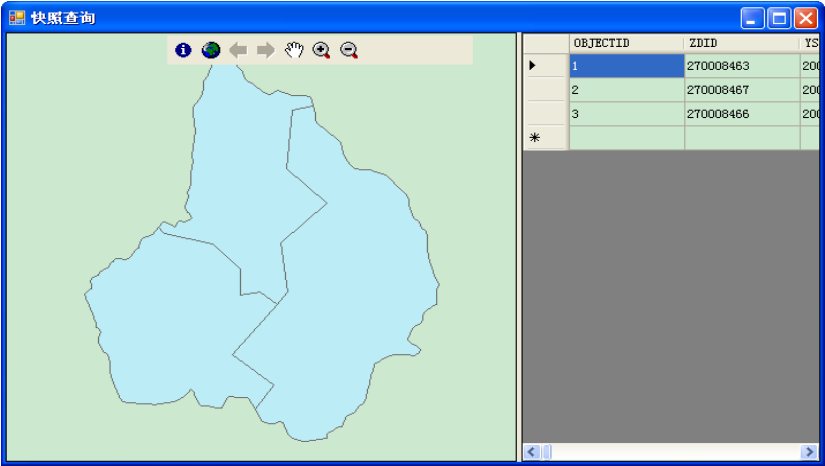


图 5-13 指定宗地指定时刻快照



图 (a) 指定宗地 T0 时刻状态

图 5-14 指定宗地演变查询部分时刻状态



图（b）指定宗地 T2 时刻状态



图（c）指定宗地 T8 时刻状态

图 5-14 指定宗地演变查询部分时刻状态

5.4 本章小结

本章介绍了系统的开发环境和系统的总体框架，采用 SQLServer2000 作为后台关系型数据库，结合 ArcSDE 空间数据库引擎扩展 SQLServer2000 来管理地籍数据，开发出地籍管理原型系统。该系统有两大功能组成：增量信息的获取和入库以及历史信息回溯查询。

第六章 总结与展望

6.1 研究工作总结

由于地籍信息具有极强的时间性，所以地籍更新对地籍管理的功能发挥起着极为关键的作用。地籍更新是一个日常性的工作，和地籍管理信息系统中的窗口办公模块一样，是地籍管理中的常规工作。地籍数据的更新不同于初始的地籍信息建设，它的针对性更强、范围更明确、实效更明显。虽然只是在原有的地籍信息基础上进行部分更新，但是这个更新的过程却涉及到了与地籍相关的多个层面的技术，包括数据的采集、数据的更新、数据的入库、和地籍信息系统子模块的衔接等等。

本文在对当前空间数据库更新现状分析的基础上，通过对地籍要素拓扑关系以及地籍要素事件类型的研究分析，设计了一套地籍数据库的增量更新方法。本文研究工作如下：

(1) 设计了一套地籍数据库增量更新自动变化检测方法。该方法将变化信息与事件信息的检测有机地结合起来，通过应用集合论和迭代法等基础理论，在空间叠加分析检测变化信息的基础之上，通过判断“继承关系”、“拓扑关系”与“属性关系”三个因素的不同取值，进一步推导事件信息实现了增量信息的自动检测，为实现地籍数据库增量更新的自动化提供了一种解决方案。

(2) 针对本文所设计的地籍更新自动处理流程，进行了系统架构设计、系统功能模块设计和数据库设计，最后设计开发了地籍数据库增量更新实验系统。完成了增量信息的自动检测、增量信息入库、历史数据回溯查询等功能模块。

6.2 展望

地籍数据库增量更新是一项包括时空数据组织、增量信息获取、主数据库增量更新、用户数据库增量更新等方面的复杂系统工程，然而目前地籍数据库增量更新的研究工作刚起步，本文对地籍数据库增量更新的部分技术环节进行了初步探索。作者认为在后续的工作中需重点研究解决以下问题：

(1) 本文仅仅对地籍数据库增量更新中主数据库的更新涉及的相关问题进行了初步探索，还需要研究发展用户数据库的更新问题；

(2) 多源信息的集中存储和更新问题。本文研究的地籍数据更新机制仅面向同一尺度的矢量数据，尚未考虑不同尺度、不同格式的图形数据和属性数据的更新问题。

参考文献

- [1] 地籍管理手册[M]. 北京: 中国大地出版社, 2002
- [2] Karnes, D. Implementation of Date-forward Location Update in the Digital Cadastral Database[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2004, 28(5): 511-529
- [3] Peter van Oosterom, Christiaan Lemmen, Tryggvi Ingvarsson, etc. The core cadastral domain model[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2006, 30(5): 627—660
- [4] 邹艳红. 对 GIS 技术下地籍管理系统建立中几个问题的探讨[J]. 四川测绘, 2000, 23(1): 25-27
- [5] 阎保银. 城镇地籍信息系统中地籍变更研究: [硕士学位论文]. 南京: 南京师范大学, 2005
- [6] 张炜. 基于时态 GIS 的地籍管理信息系统研究: [硕士学位论文]. 天津: 天津大学, 2006
- [7] 郑小梅. 基于面向对象与拓扑关系模型的地籍信息系统数据变更方法研究: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉大学, 2006
- [8] 李玉华, 冯强. 南京市地籍管理信息系统工程的建立与管理. 见: 2005 数字江苏论坛——电子政务与地理信息技术论文专辑. 南京: 2005. 115 — 119
- [9] 刘庆元, 韦建超, 左廷英. 城镇地籍建库的数据质量控制[J]. 城市勘测, 2007, (2): 33—36
- [10] 卫海燕, 康鉴, 任志远. 基于 WebGIS 的西安市土地管理信息系统设计与开发[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(5): 20—24
- [11] Joao Paulo Hespanha, Peter van Oosterom, Jaap Zevenbergen, etc. A modular standard for the cadastral domain: Application to the Portuguese Cadastre[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 30(5): 2006
- [12] 周晓光. 基于拓扑关系的地籍数据库增量更新方法研究: [博士学位论文]. 长沙: 中南大学, 2005
- [13] 沈陈华. 地籍变更的时态数据结构模型研究[J]. 南京师大学报(自然科学版), 2000, 23(2): 105—108
- [14] Gerhard Navratil, Andrew U. Frank. Processes in a cadastre[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 28(5): 471—486
- [15] Su S Y W, Chen H M. A temporal knowledge representation model OSAM / T and its query language OQL / T[A]. In: Lohman G.M'Sernadas A, Camps Reds. Proceedings of the 17th Inter. Conf. on VLDB[C]. USA: VLDB Endowment Press, 1991, 431—441.
- [16] Langran G. A framework for temporal geographic information systems[J]. Cartographica, 1988, 25(3): 1 — 14
- [17] 詹长根, 张雁. 基于地块的时态地籍数据库数据结构的研究[J]. 测绘科学, 2006, 31(2): 102—105

- [18] Allly Peerbocus, Genevieve Jomier. The management of the cadastral evolution using documented cadastral plans[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 28(5), 2004: 487—509
- [19] Scan M. Cashin, Gerald McGrath. Establishing a modern cadastral system within a transition country: Consequences for the Republic of Moldova[J]. Land Use Policy, 2006, 23(4): 629—642
- [20] Cooper, A. & Peled, A. Incremental Updating and Versioning. The 20th International Cartographic Conference(ICA). Beijing. 2001. 2806—2809
- [21] Cooper, A. & Peled, A. The International Cartographic Association's Working Group on Incremental Updating and Versioning[J]. ICA / ISPRS Workshop on Incremental Updating and Spatial Database. Amsterdam, 2000, 1-9
- [22] 潘瑜春, 钟耳顺, 赵春江. GIS 空间数据库的更新技术[J]. 地球信息科学, 2004, 6(1): 36—40
- [23] 尹辉增. 地籍管理中空间信息更新的改进方法[J]. 测绘工程, 2005, 14(3): 33—35
- [24] 周晓光, 陈军, 朱建军, 等. 基于事件的时空数据库增量更新[J]. 中国图象图形学报, 2006, 11(10): 1431—1438
- [25] 陈军, 周晓光. 基于拓扑联动的增量更新方法研究——以地籍数据库为例[J]. 测绘学报, 2008, 37(3): 322-329.
- [26] 李丹. 基于变化信息的地籍更新自动处理方法研究[D]. 湖南: 中南大学, 2008
- [27] Beyen J, Brussels J H. Updating topographic databases with ARC INFO; client fitted creation of change-only information[C]. GIS-between Visions and Applications, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Stuttgart, Germany, 1998
- [28] Badard T. On the automatic retrieval of updates in geographic databases based on geographic data matching tools[C]. The 19th International Cartographic Conference of the ICA, Ottawa, Canada, 1999.
- [29] Gombosi M, Zalik B, Krivograd S. Comparing two sets of polygons[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2003, 17 (5): 431- 443
- [30] 邓 青, 唐 媛, 魏金占. 基于拓扑判定地籍数据的自动更新[J]. 广西师范学院学报(自然科学版), 2006, 23(3): 72-75
- [31] 朱华吉. 地形数据增量信息分类与表达研究[D]. 北京: 中国科学院遥感应用研究所, 2005
- [32] 王康弘, 钟耳顺. 宗地空间变更分析[J]. 国土资源信息化, 2002, (6): 24—29
- [33] 徐志红, 边馥苓. 地籍空间实体及其拓扑关系[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2002, 27(5): 522-527
- [34] 孟令奎, 赵春宇, 林志勇, 等. 基于地理事件时变序列的时空数据模型研究与实现[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2003, 28(2): 202-207
- [35] Egenhofer, M., Franzosa, R.. Point-Set Topological Spatial Relation [J]. International Journal of Geographical Information systems, 1991, 5(2): 161-174
- [36] Egenhofer, M., Herring, J.. Mathematical framework for the definition of topological relationships[C]. In: Proceedings of the Fourth International Symposium on Spatial Data

Handing,1990:803-813

[37] Clementini,E.,Di Felice,P..A Model for Represneting Topological elationships Between Complex Geometric Features ins Spatial Database[J].Information Science ,1996,90(1-4):121-136

[38] Chen,J.,Li,C.,Li,Z.,L.,et al.A Voronoi-based 9-intersection model for spatial relations[J].International Journal of geographical Information Science,2001,15(3):201-220

[39] 赵乐. 地籍时空数据库设计及应用: [硕士学位论文]. 浙江: 浙江大学, 2007]和运行模式

[40] 王文昭, 曾致远, 李先奇. 基于 GeoDataBase 的水土保持规划系统数据库设计. 计算机与数字工程. 2007, (9): 73~75

[41] 刘风杰, 于海波. 利用 GeoDataBase 技术进行管线数据建库问题的思考. 测绘与空间地理信息. 2007, (3): 64~67

[42] 蒋波涛. ArcObjects 开发基础与技巧. 北京: 武汉大学出版社, 2006

[43] 钟勇. 基于 GeoDataBase 的面向对象空间数据库的研究与设计. [硕士学位论文]. 武汉: 武汉大学, 2004

[44] 张佐帮, 尚颖娟. 基于 ArcSDE 的空间数据组织和管理. 农业网络信息. 2007, (9): 58~60

[45] 肖鸣. 基于 GeoDataBase 的空间数据库系统设计与实现. [硕士学位论文]. 武汉: 武汉大学, 2005

[46] 郭伦, 刘瑜, 张晶等. 地理信息系统[M]. 北京: 科学出版社, 2001

致谢

时光飞逝，转眼间两年的硕士学习生活即将结束，不禁感慨万千！在这些日子里，无论汗水还是欢笑，都给我留下了一笔厚重的人生财富，我将用自己今后的日子去慢慢回味这段美好的时光。正值论文完成之际，我要借此机会真诚地向关心、帮助过我的人们表示最衷心的感谢！

首先要感谢朱德海教授和杨建宇副教授的教育指导。两年来，朱老师一直督促我学习和工作，朱老师广博的知识、认真的研究态度、一丝不苟的工作作风无不教育我要孜孜不倦的搞研究、要脚踏实地的做学问、要持之以恒的干工作。杨老师一直在学习上对我悉心指导、在工作中对我严格要求，在生活里对我倍加关心。杨老师渊博的学识、开阔的视野、严谨的科学作风和不倦的工作精神都对我产生了极为深刻的影响，使我获益良多。在此，我要对朱老师和杨老师表示最诚挚的感谢！

感谢严泰来老师在本科与研究生期间对我的教育，严老师散发的学者风范深深地感染着我，严老师严谨的治学态度又深深的教育着我！

感谢樊雅婷师姐研究生期间对我学习和生活上的帮助，从论文选题、资料阅读、技术实现、论文撰写、修改到定稿的每一步，都倾注着樊雅婷师姐的心血和汗水！

感谢张晓东、张超、王鹏新、刘俊明、杨永侠、赵明、张荣群、苏伟老师！

感谢生我养我育我爱我的父母，感谢父母的含辛茹苦、言传身教，感谢亲人的无私奉献、关怀备至！

感谢女友王惠英陪我走过的四年的风风雨雨，分享我的快乐，分担我的烦忧！感谢她给我学习工作生活中所提的中肯的意见和建议！感谢她为我付出的一切。

感谢桑玲玲、杨杨、米春桥、岳安志等师兄师姐给予我的热心帮助！感谢与我同年毕业的好朋友：叶建文、张颖娜、陈敏捷、赵少兵、朱俊、王虎、姜冰冰、郭姿含、袁惠、侯姗姗、杨璘、侯大鹏、汪树男！感谢蒲雯、都雪娇等师弟师妹！

再一次衷心感谢我的老师、亲人和朋友，老师、亲人和朋友的关爱、支持和鼓励是我人生最宝贵的财富，亦是我勇往直前的永恒动力！

魏孔亮

2010年6月于中国农业大学东校区

个人简介

姓 名：魏孔亮
性 别：男
出生年月：1986 年 1 月
籍 贯：甘肃省白银市

教育经历：

2004 年 9 月—2008 年 7 月 中国农业大学信息与电气工程学院地理信息工程系，获理学学士学位
2008 年 9 月—2010 年 6 月 中国农业大学信息与电气工程学院地理信息工程系，攻读硕士学位

在校期间参与的科研项目：

国家“十一.五”科技支撑项目：村镇土地利用预警系统，负责算法研究与功能模块设计；中国城镇化发展速度与质量的评价和预测研究，负责研究方案设计；国家 863 计划课题：“基于多源数据的国家林业生态工程监测与评价网格应用系统，参与算法设计。

在校期间发表的论文：

魏孔亮、樊雅婷、朱德海。基于变化检测方法的地籍数据库增量更新研究。测绘科学 2011 年第 4 期。