

地理信息数据库建设关键技术研究

王 雪

辽宁省自然资源事务服务中心, 辽宁 锦州 121000

[摘要]地理信息数据库是基础地理信息系统建设的核心, 关键技术涵盖数据采集、存储管理、组织建模、质量控制、动态更新与服务共享等环节。系统梳理了数据预处理、存储管理、空间建模、质量控制、动态更新及服务发布等核心技术。当前自然资源时空数据管理技术在静态实体表达、结构化索引、同类型更新和二维存储方面已较为成熟, 但在多源融合、多模态建模和动态索引更新方面仍存在瓶颈。构建多模态、动态、精细化的数据管理技术体系是未来重点方向。

[关键词]地理信息数据库; 空间数据模型; 数据更新

DOI: 10.64635/ja.2026.1405

中图分类号: P208

文献标识码: A

Research on Key Technologies for Geographic Information Database Construction

Wang Xue

Liaoning Natural Resources Affairs Service Center, Jinzhou, Liaoning 121000, China

Abstract: Geographic information databases are the core of basic geographic information system construction, and their key technologies cover data acquisition, storage management, organizational modeling, quality control, dynamic updating, service sharing, and other links. This paper systematically reviews core technologies such as data preprocessing, storage management, spatial modeling, quality control, dynamic updating, and service publishing. At present, natural resources spatiotemporal data management technologies have become relatively mature in static entity representation, structured indexing, same-type updating, and two-dimensional storage. However, bottlenecks still exist in multi-source fusion, multimodal modeling, and dynamic index updating. The construction of a multimodal, dynamic, and refined data management technology system will be a key direction for future development.

Keywords: geographic information database; spatial data model; data updating

引言

伴随着数字城市、智慧国土以及自然资源精细化管理不断深入, 地理信息数据库成了地理信息系统的重要组成, 它的创建好坏直接影响到空间信息服务的速度与准确程度。地理信息数据库要保存大量的空间几何数据以及属性数据, 并且还要可以执行复杂的空间分析、时空查询以及动态更新的操作。自然资源时空数据包含空间、时间、关联和演化规律等各方面内容, 有明显的空间性、关联性和时序性特点。但是由于数据来源广泛、格式多样、时效性强, 所以数据库的建立还存在着多源异构数据融合难、更新迟缓等问题。怎样有效地整合多种地理信息数据, 创建一个高效、可靠并且可以扩展的地理信息数据库, 已经成为地理信息科学领域里的研究重点。

1 地理信息数据库建设概述

地理信息数据库就是专门用来存储、管理和分析地理

空间数据的专用数据库系统, 它的主要特点就是可以处理空间数据和属性数据的关联, 支持空间查询和分析的操作。就发展历程而言, 地理信息数据库是从文件管理发展到关系型数据库扩展, 再发展为面向对象数据库。地理信息数据库主要的建设目的有三个, 即创建统一的数据标准体系、对海量的空间数据进行有效的组织和管理、创建全流程的质量控制机制、创建动态更新机制来保证数据的现势性。省级基础地理信息数据库的创建要从数据标准、数据模型、存储方案、更新机制等各方面展开全面规划。建设内容大体上可以分为数据采集与预处理、数据库的设计与创建、质量检查与控制、更新维护体系的建立以及服务发布平台的开发这五个方面。

2 地理信息数据库建设的核心技术

2.1 数据采集与预处理技术

数据采集属于数据库创建的基本工作。传统的采集方

式有野外测量、地图数字化、摄影测量等。近些年来，遥感技术、GNSS、无人机航测以及三维激光扫描等技术大大提高了采集精度与速度。遥感影像获取属于重要的数据采集方式，利用卫星、航空摄影等手段获取遥感影像数据；实地采集主要使用GPS、平板电脑等设备进行实地测量；网络抓取可以从政府、企业等网站获取公开的地理信息数据。数据预处理就是把原始数据转化成符合建库要求的标准数据的过程，主要包含数据格式转换、坐标系统统一、拓扑关系建立、属性信息录入等^[1]。数据采集要保证国土空间规划对象的空间范围和时间范围都得到覆盖，应该支持时间粒度和空间粒度的聚合采样。实际建库时，各种来

源、各种格式的数据都要经过严格的预处理后才能被数据库所接受，而预处理的中心问题就是保证数据一致、完整。

2.2 数据存储与数据库管理技术

数据存储技术直接影响到数据库的性能以及扩展性。目前主流的存储方案有文件地理数据库、个人地理数据库和企业级地理数据库这三种。企业级地理数据库采用的是大型关系型数据库管理系统，可以支持多用户同时访问以及海量数据的存储。地理数据库数据管理策略分为文件地理数据库数据管理、分支版本化要素服务数据管理、托管要素服务数据管理这三种方式。三种主流存储方案如表1所示。

表1 地理信息数据库主流存储方案对比

存储类型	存储载体	适用规模	用户模式	并发能力	典型应用场景
文件地理数据库	文件夹形式	中小规模	单用户/多用户	一般	部门级数据管理、项目数据存储
个人地理数据库	Microsoft Access	小规模	单用户为主	弱	个人使用、教学演示、原型开发
企业级地理数据库	Oracle、PostgreSQL、SQL Server	海量规模	多用户并发	强	省级/国家级数据库、在线服务系统

空间数据库引擎是GIS应用程序和关系型数据库之间的中间件。ArcSDE空间数据库引擎技术使用客户/服务器架构，在不同的关系型数据库管理系统之间创建一个中间层，从而达到海量空间数据高效存储、快速检索以及并发访问的目的。空间索引是提高数据检索效率的关键技术，常用的有R树、四叉树、网格索引等。分布式存储架构随着云计算技术的发展而发展，越来越多的地理信息数据库使用分布式存储的方式，以达到海量空间数据的高可用存储以及弹性扩展的目的。

2.3 数据质量控制与标准化技术

数据质量是地理信息数据库的血脉。空间数据质量由位置精度、属性精度、时间精度、逻辑一致性、完整性、语义准确性等几个方面构成。基础地理信息系统质量控制不能只停留在空间数据质量上，属性数据质量控制、空间实体间关系质量控制、实体与属性间关系质量控制也是不可缺少的。质量控制包括数据采集、处理、入库、更新等各个环节^[2]。质量检查方法上一般采取程序自动检查和人工复核相配合的方式。数据标准是质量控制的基础，数据标准不仅规定了地理数据库中各个要素的名称、类型、定义、属性、取值范围、图形表示方式，也规定了要素之间连接、相关、包含、共享等关系，所以也是数据提取、数据维护和全过程质量控制的依据。标准化是地理信息数据库建设的重要保证，目前我国已经形成了一套比较完善的

地理信息标准体系。

3 地理信息数据库建设中的关键技术应用

3.1 空间数据组织与建模技术

空间数据模型是地理信息数据库的灵魂，它规定了地理实体怎样被抽象地表现出来，以及它们之间存在着怎样的联系。Geodatabase地理数据库模型是在面向对象地理数据模型的基础上发展起来的ESRI公司新一代数据模型，它把地理要素看作是具有某种行为、关系和属性的对象，可以进行属性域、子类型、拓扑规则、几何网络等高级地理信息处理。Geodatabase模型的体系结构是由要素类、要素数据集、关系类、属性域这四个层次所组成的。要素类是具有相同几何类型的地理要素集合；要素数据集是空间上相关联的要素类的集合，用来统一管理坐标系和拓扑关系；关系类是用来定义要素类之间或者要素类与属性表之间联系关系的；属性域是用来对属性值的取值范围和完整性规则进行约束的。自然资源时空数据建模的关键就是用模型结构把自然资源数据的空间、属性、语义关系和时间关系组织起来。与一般地理信息数据相比，自然资源数据包含山水林田湖草沙等各种要素，要素之间存在着复杂相互依存、相互演化的联系，这就对数据模型的表达能力提出了更高的要求。在实体的时空建模上，时空数据模型有时间快照模型、基态修正模型、面向对象时空模型等种类。自然资源三维立体时空数据库按照山水林田湖草是一

个生命共同体的理念,对数据库的内容进行统筹整合,创建出一种结合了多种来源的异构数据的自然资源三维时空数据模型,从而达到各类自然资源在时间、空间、语义以及管理等各方面互相配合、综合使用的目的。该模型的主要设计思想有三个,分别是空间维度的立体化扩展、时间维度的连续性表达和语义维度的层次化组织,以此来达到对自然资源要素全生命周期精细化管理的目的。从数据组织上来说,空间分区策略被普遍使用,按照行政区划、网格或者要素类型对数据进行分割存储,可以大大提高查询速度。

3.2 数据更新与动态维护技术

地理信息的时效性是评价数据库价值的重要标准。随着地表覆盖和人工设施的迅速变化,地理信息数据库要创建起高效的更新机制。基础地理信息数据库数据更新方式有编绘更新、实测更新法、遥感信息更新、网络抓取更新、共享获取更新等。这五种方式有明显差别,编绘更新成本低但是精度不高,适合于大范围低精度更新;实测更新精度高但是效率低,适合于重点区域高精度更新;遥感信息更新效率高、覆盖广,是目前大范围更新的主要方式。遥感变化检测的核心流程包含原始影像获取、影像预处理、变化检测、变化信息分类、数据入库这五个部分,而以深度学习为基础的方法,在准确率以及自动化程度上比传统的手段要好得多。时空数据库最大的进步就是提高了对时空分析和推理的能力,即对时空数据进行分类管理、变化统计分析、时间测量、时空叠加、时序分析、预测分析等。依靠增量更新机制,既可以记载当下的要素状况,又可以追踪每一个地理实体的全部发展过程^[3]。增量更新会只更新发生变化的部分,大大减少了数据传输量和处理时间。国家基础地理信息中心推进的地理底图数据库群建设,是以分布式协作为主要思想,提出谁生产谁更新、谁建库谁维护的共建共享共管原则。该体系使用 1+3+32 分布式数据库群架构,使数据要素可以实时流动,功能服务可以协同调用,任何一个节点完成本区域的更新都会自动同步到其它节点上,防止重复采集、版本不一致的情况发生。

3.3 数据共享与服务发布技术

数据共享是地理信息数据库价值最大化的重要环节。传统的离线拷贝方式效率低、安全性差,网络技术促使在线共享模式得到推广。创建国家、省级、市县级联动更新的技术体系,形成各级节点的服务合力,提高数据更新的速度,建立常态化的协同更新机制。在服务发布上,网络地图服务、网络要素服务、网络覆盖服务属于开放地理空间联盟所确定的标准接口,可以达成跨平台的数据共享与

互操作,从而解决由于格式不兼容而造成的数据孤岛问题。目前一张图数据库群正在由集中建库、逐级拷贝范式向分布式协同模式转变,入库范围达到 580 万平方公里,汇集了超过 10 亿条地理要素,统一接口调用之后系统会自动完成数据定位、拼接和计算。物理分散、逻辑集中这样一种架构既保持了数据主权,又保证了体系的统一。共享安全要创建起严格的访问控制以及数据加密体系,包含分级权限管控,全链路加密,操作留痕审计,涉密数据脱敏和审批控制等。

4 地理信息数据库建设优化策略

4.1 完善数据库建设标准体系

标准体系的不健全会成为造成数据库无法互相连通的主要原因。优化策略有三个方面,加快三维地理信息、时空大数据等新兴领域标准的研制工作,建立标准动态更新机制,加强标准的宣传和培训。国土空间测绘地理信息数据标准应该包含数据采集与更新、处理与应用、存储与管理、共享与交换等各个方面,包括基础地理信息数据、土地利用数据、地质矿产数据等各种类型。从标准体系架构上看,应该采用分层设计的思想,保证各个层次的标准之间的一致性。

4.2 提升空间数据质量管理水平

数据质量管理要从技术、管理、制度三个方面一起推进。从技术上应该开发出更加自动化的质量检查工具,在管理上应该建立全流程的数据质量控制体系,在制度上应该建立数据质量的责任制以及考核评价制度。可以对室内数据进行属性规则验证,执行质量控制检查来保证编辑的内容符合组织所要求的数据。依靠多层次的质量管理体系来完成由被动检查转向主动预防的质量管理方式的改变。

4.3 强化数据库安全与权限控制

随着地理信息数据资产属性越来越明显,数据库安全问题也引起了人们的注意。要创建起纵深防御的安全防护体系,在物理安全方面实行机房环境监控、设备冗余配备,在网络安全方面部署防火墙及入侵检测系统,在数据安全方面实施加密存储和访问控制这些办法。国土空间测绘地理信息体系要建立完善的数据安全保障体系,保证数据安全、保密。权限控制要使用角色的访问控制模型,按照用户的身份以及业务需求来授予最少必要的权限。

4.4 推进数据库智能化与集成化发展

人工智能、大数据技术给地理信息数据库的建立带来新的发展机会。为了达到自动化、智能化的目的,创建起多模态、动态、精细化的数据管理系统就是下一轮的研究

方向。智能化发展趋向为,用机器学习完成遥感影像的自动分类和变化检测,用知识图谱创建地理实体的语义关系网络,创建智能化的数据质量评价和修复工具。在集成化上要推进地理信息数据库同物联网数据、社会经济数据融合起来,创建起时空大数据平台。三维立体时空数据库是对自然资源各种调查监测数据进行立体化、统一管理的,建立多源异构数据的自然资源三维时空数据模型。

5 结语

地理信息数据库的创建包含采集、存储、建模、质量控制、更新以及服务等众多的技术过程。目前二维静态数据的存储和管理技术比较成熟,但是多模态数据建模、动态索引创建、跨源数据融合等还存在着技术上的障碍。伴随着三维实景中国、数字孪生城市这些重大工程的发展,

地理信息数据库在数据模型维度上会有新的拓展,更新机制会越来越及时,服务方式也会向着智能化方向转变。

【参考文献】

- [1]金子鑫,王琰,窦小楠,等.自然资源时空数据管理技术研究进展[J].水利水电技术(中英文),2026,57(2):224-240.
- [2]柯水松,董学辉,王存进,等.国土空间数据融合发布系统的设计与实现[J].测绘与空间地理信息,2024,47(3):110-113.
- [3]廖志强.基于多比例尺地图数据库的智能制图体系探索与实践[J].测绘与空间地理信息,2024,47(10):54-58.

作者简介:王雪(1986.11—),毕业院校:武汉大学,所学专业:地理信息与遥感,当前就职单位辽宁省自然资源事务服务中心(辽宁省基础测绘院),职务:作业员,职称级别:工程师十级。