矿产资源与环境遥感本底数据库的设计与建设

陈建平[1,2],张立福[3],朱文君[1,2]
CHEN Jian-ping[1,2], ZHANG Li-fu[3], ZHU Wen-jun[1,2]

1. 中国地质大学(北京)国土资源与高新技术研究中心,北京 100083;
2. 中国地质大学北京市国土资源信息开发研究重点实验室,北京 100083;
3. 中国科学院遥感应用研究所遥感科学国家重点实验室,北京 100101
1. *Institute of Land Resources and High Techniques, China University of Geosciences, Beijing* 100083, *China;*
2. *Laboratory of Beijing Land Resources Information Development, China University of Geosciences, Beijing* 100083, *China*;
3. *State Key Laboratory of Remote Sensing Sciences, Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100101, *China*

摘要:为了更有效地组织和管理海量遥感数据,在分析已有的影像数据组织和管理方式的基础上,分析了遥感影像本底数据库的功能需求,将数据库系统划分为四大功能模块,采用分布式三层 C\S 结构为系统结构。根据确定的能满足系统查询检索需要的影像元数据信息,设计了影像数据表。以 Oracle 数据库为数据库平台,利用 SuperMap Objects 组件式地理信息系统开发平台,通过内置于 SuperMap Objects 的 Supermap SDX+空间数据库引擎访问数据库,使用 C#2.0 作为开发语言,开发实现了矿产资源遥感影像数据库系统,在数据入库过程中系统自动为影像数据建立金字塔和默认的空间索引。该数据库系统支持海量、多源数据管理和多尺度查询,实现了数据类型、数据完整性的检查和不同数据类型的导入,按照数据源、数据获取时间、影像名称和经纬度 4 种方式查询数据,根据需要导出影像、影像的快速浏览、用户管理、数据的安全管理、数据库维护、数据扩充等功能。

关键词:影像数据库;数据库设计;Oracle;SuperMap SDX+
中图分类号:P628 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-2552(2011)05-0702-09

Chen J P, Zhang L F, Zhu W J. The design and implementation of remote sensing image background database for mineral resources based on Oracle and SuperMap SDX+. *Geological Bulletin of China,* 2011, 30(5):702-710

Abstract: In order to organize and manage large volumes of remote sensing data more effectively, the authors have made an all-round study of the present style in organization and management of image data. The functional requirement was analyzed for remote sensing image background database. The database system was divided into four major functional modules, i.e., the import and upload module, the query and search module, the export and download module and the manage module. The distributed three-tier C\S structure was adopted as the system structure. The metadata information which can meet the needs of search and query was chosen. The database table was designed for the storage of data. The SuperMap SDX+ spatial database engine was employed in this study. The pyramid technology and spatial index technology were utilized, which constituted vital technologies in this study. The building of the pyramid will benefit the quick view of the image. The creation of the spatial index can help query image more efficiently. Oracle database was used as the database platform, and C#2.0 was used as the development language. The SuperMap Objects component geographic information system was utilized for the development of platform, the database was accessed by Supermap SDX+ spatial database engine which was built in SuperMap Objects, and the remote sensing image database system was developed and implemented for mineral resources. The system automatically creates the pyramid and the default space index for image data when the data are imported into database. The database system supports massive, multi-source data management and multi-scale query. It can realize many functions,

收稿日期:2011-02-25;**修订日期**:2011-03-23
资助项目:国家自然科学基金项目《高光谱遥感岩矿多维数据库关键技术研究》(批准号:41072248)
作者简介:陈建平(1959-),男,教授,博士生导师,从事矿产资源定量评价研究。E-mail:3s@cugb.edu.cn
© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

such as checking of data types and data integrity, import of different data types, data queried by data sources, data acquisition time, image name or latitude and longitude, export and download of the needed images, quick image browse, user management, data security management, database maintenance and data update.

Key words: image database; database design; Oracle; Supermap SDX+

矿产资源是社会经济发展的重要物质基础,遥感影像是空间信息的载体,"本底"是指一个地域最基本的状况。建设矿产资源遥感影像本底数据库,将多分辨率、多数据源的海量影像数据进行有效的组织和管理,并且能够与其它系统集成,可以帮助人们从更宏观的角度去了解矿产资源的分布情况,将为科学合理地开发、保护与管理矿产资源提供有力的技术支撑。

遥感影像数据的管理先后出现了基于文件和基于数据库的管理方式。受到系统性能和遥感数据的特点等因素的制约,目前大部分 GIS 软件和遥感图像处理软件都采用相对比较简单的文件方式来管理遥感影像数据,它借助关系数据库的特点进行检索、查询所有的影像数据,而影像文件存放在数据库体外的目录下,数据的安全无法保证,同时数据的更新等操作难以管理,由于误删除等可能造成数据连接的错误。随着应用的深入和计算机软、硬件的发展,数据管理的方式也在由传统的文件方式向数据库方式转变。一些主流的关系数据库如 Oracle、SQL Server、Informix 等在海量信息的管理领域取得了成功。这些数据库在安全性管理、多用户共享、存储管理、数据传输等方面具有很大的优势,并且支持存储复杂数据类型,这使得影像数据能够用大型商用数据库来管理[1]。基于关系数据库方式的遥感影像数据管理主要有 2 种实现方法:第一种是基于扩展的面向对象关系数据库管理遥感影像数据;第二种是基于中间件技术,将遥感影像分解成关系数据表,从而实现对遥感影像的管理[2]。这 2 种方式的数据模型、数据存储方式和空间索引机制各有不同。

从 20 世纪 80 年代末开始,在遥感影像数据库的研究和实现方面国内外都已做了大量工作,遥感影像数据库的体系结构设计、影像数据的存储模式、海量数据的压缩技术、数据缓存技术、快速索引机制、影像可视化技术、无缝关联技术等方面的研究取得了显著的成果[3-8],并推出了一些海量影像数据库管理系统,比较著名的有 GOOGLE 公司的 Google Earth、微软公司的 TERRASERVER、NASA 的 World Wind、美国 North Dakota 大学的 Digital-NGP 和 NOAA Server,国内主要是武汉吉奥信息工程有限公司推出的 GeoImageDB3.0 海量影像数据库管理系统、武汉中地公司推出的 MSIDB 多源影像数据库等,它们基本实现了影像数据的共享、分布式管理、多用户并发操作等功能[9]。

本研究利用成熟的商业数据库软件 Oracle 和空间数据库引擎 SuperMap SDX+,进行了矿产资源遥感影像本底数据库的功能设计、系统结构设计和数据存储表设计,并对海量影像数据的金字塔和索引技术作了介绍。在此基础上,实现了矿产资源遥感影像本底数据库。

1 系统分析与设计

1.1 系统功能设计

1.1.1 系统功能需求

根据项目的需要,首先获取研究区的遥感、地质矿产、人文、地理、社会经济等相关数据资料,对获取的不同格式的影像数据文件(TM/ETM+、HJ、SPOT、QUICKBIRD、HYPERION 等)进行预处理,使数据标准规范化。矿产资源遥感影像本底数据库要实现的具体功能如下。

(1)数据类型和数据完整性检查:数据入库时对数据类型有严格的检查操作,因数据类型而异,格式检查完毕后,才能将各个数据存入数据库的相应位置,要保证数据录入的完整性和可靠性。入库过程中会要求客户同时上传影像头文件和影像快视图,同时在数据库中建立快视图与影像元数据之间的关联关系。

(2)不同数据类型的导入:应根据导入影像数据的不同类型,例如影像和压缩包,设计不同的导入方式,即导入文件和上传文件。导入文件是指导入原影像格式文件,上传文件是指上传压缩包等其它二进制大对象类型数据。

(3)影像查询:根据影像数据的描述信息,通过用户指定元数据查询的关键字,找到对应符合条件的影像数据。影像数据的查询主要有以下 4 种方式:数据源查询、数据获取时间查询、影像名称查询与经纬度查询。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(4)影像导出和下载:当用户需要提取存储在服务器数据库中的影像数据时，首先需要根据一定的条件查询影像，再查询结果人工选取需要导出下载的影像下载。影像数据导出对应导入文件,可以导出影像格式文件;影像数据下载对应上传文件,可以下载压缩包等二进制大对象数据。

(5)数据管理:主要包括基本浏览、缩放、漫游、显示比例尺等用户操作和数据安全管理、数据库维护、数据扩充等。安全管理是指建立完整的用户管理体系,对数据进行严格的权限设置,保证存储在数据库中的数据可被正确、合理地使用。同时还需要对数据进行维护和修改、删除等管理操作。

1.1.2 系统功能模块设计

根据矿产资源遥感影像本底数据库的功能需求,将系统划分为四大模块,如图 1 所示。影像数据入库模块完成数据类型和数据完整性检查、不同数据类型的导入和影像快视图的生成；查询检索模块完成基于元数据的属性检索和各种空间检索；影像数据导出下载模块是用户根据需求将在数据库中查询到的影像数据导出或下载；空间数据管理模块完成对影像数据的浏览、放大缩小、移动等基本操作,同时完成用户身份认证、相关信息、权限等用户管理,防止通过非系统途径获取存档影像数据,保障系统的安全性。

1.2 系统结构设计

体系结构选择是数据库系统设计的重要一步。浏览器/服务器(Browse/Server)模式是当前数据库系统的主流体系。但是根据本研究支撑项目的要求,矿产资源遥感影像本底数据库系统采用分布式三层的客户机/服务器(Client/Server)体系结构。本系统的体系结构如图 2 所示。

数据层存储影像数据、影像元数据、用户信息、压缩包文件及其属性信息等，提供系统的基础数据支持。应用层是数据层与客户端表现层的数据传输,

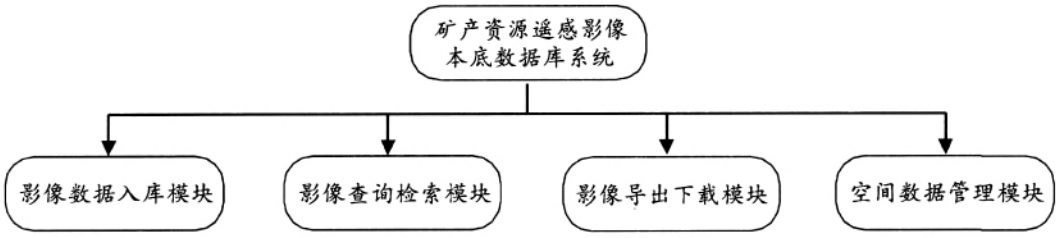


图 1 数据库功能结构

Fig. 1 Structure of database function

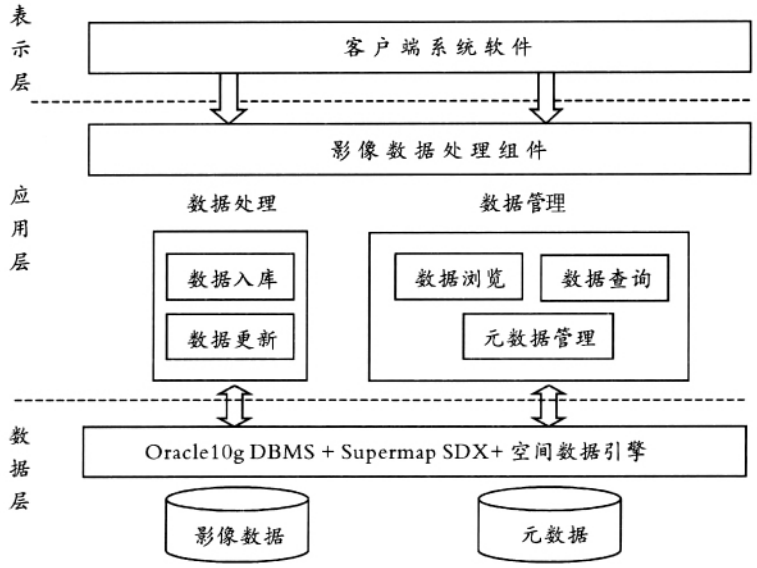


图 2 数据库体系结构

Fig. 2 Architecture of database system

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

数据的入库、更新、查询和浏览等管理操作都需要通过应用层在数据层和表示层之间进行交互。表现层即桌面客户端,用户通过客户端软件,可以实现影像的入库、查询、管理等各种应用操作。

1.3　数据库表设计

数据库系统的基础是数据库设计,选择何种类型的数据库、数据如何存放、影像数据如何管理等是实现本系统的关键。Oracle 10g 是非常成熟的商用数据库,具有强大的海量数据管理能力,适应数据运算速度快的要求,同时 Oracle 是一个可跨平台的多用户、多任务、可分布式管理的数据库,提供了很多可供选择的开发方法。因此选用 Oracle 10g 数据库作为本系统空间数据存储和管理的数据库平台。在向 Oracle 数据库导入一幅栅格影像时,Supermap SDX+会在栅格数据集注册信息系统表中自动添加一条记录。同时为满足用户的需求,系统设计在导入栅格影像时还要记录影像数据源、影像接收时间、经纬度等头文件信息。另外,系统提供用户管理的功能,需要在库中建立用户表存储的相关信息。在 Oracle 数据库中设计建立影像数据表,如表 1 所示。

存储空间影像数据时,影像数据的元数据和相关的属性信息存放在数据库中建表管理,同时影像缩略图也存入数据库中,将影像数据存储在二进制大对象字段 BLOB 中。采用 SuperMap SDX+两种管理影像方式中的栅格目录管理方式对影响进行管理。栅格目录方式将每个影像存储成一个栅格数据集,每个数据集是表的一条记录。如图 3 所示。该方式使得数据库表可以有多行记录,并且每个栅格都是独立的,从而有利于数据库的更新和维护。应用程序可通过数据访问接口来查询访问数据库中的单个影像数据。

2　空间数据库引擎和本研究涉及的关键技术

2.1　SDX+空间数据库引擎

SuperMap Objects 是中科院地理信息产业发展中心和北京超图地理信息技术有限公司自主研发的大型、全组件式 GIS 开发平台及应用系统,各功能组件之间可以通过标准的通信接口实现交互、集成,它具有从符号定制到地图可视化、从地图编辑采集到空间数据建库、从专题制图到布局输出、从数据转换到空间分析、从二维到三维等全面的 GIS 功能。

表 1　影像数据表

Table 1　Image data

字段名称	Oracle 中字段类型	约束条件	描　述
smDatasetID	INTEGER	PRIMARY KEY	数据集的唯一编号
satelliteId	VARCHAR2(20)	NOT NULL	卫星数据源
sensorID	VARCHAR2(20)	NOT NULL	传感器名
dataname	VARCHAR2(80)	NOT NULL	影像全名
dateQuickView	BLOB	NOT NULL	影像缩略图
productDate	DATE	NULL	影像接收时间
sceneCenterLat	NUMBER(21，6)	NULL	中心点纬度
sceneCenterLong	NUMBER(21，6)	NULL	中心点经度
dataUpperLeftLat	NUMBER(21，6)	NULL	左上角纬度
dataUpperLeftLong	NUMBER(21，6)	NULL	左上角经度
dataUpperRightLat	NUMBER(21，6)	NULL	右上角纬度
dataUpperRightLong	NUMBER(21，6)	NULL	右下角经度
dataLowerLeftLat	NUMBER(21，6)	NULL	左下角纬度
dataLowerLeftLong	NUMBER(21，6)	NULL	左下角经度
dataLowerRightLat	NUMBER(21，6)	NULL	右下角纬度
dataLowerRightLong	NUMBER(21，6)	NULL	右下角经度
ImageFile	BLOB	NULL	影像文件

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

SuperMap SDX+(Spatial Database Extension)是SuperMap GIS的空间数据库引擎,是SuperMap GIS软件的重要组成部分,它采用先进的空间数据库存储技术、索引技术和查询技术,具有"空间-属性数据一体化"、"矢量-栅格数据一体化"和"空间信息-业务信息一体化"的集成式空间数据库管理能力,是GIS大型工程应用的理想选择(引自网页SuperMap GIS空间数据库引擎技术。http://www.supermap.com.cn/gb/products/kjshj.htm)。它提供了把空间数据和属性数据一体化存储于Oracle数据库系统的能力,是基于大型关系数据库和对象关系数据库系统的空间数据库解决方案[10]。SDX+本身具有海量数据存储、多用户并发访问、版本管理、长事务处理、严格的权限管理等强大优势,它带来的海量的、连续的空间数据组织方式,充分发挥了关系数据库对超大数据量的管理和检索功能[11]。

2.2 本研究涉及的关键技术

2.2.1 影像金字塔技术

影像金字塔通过重采样方法自底向上生成金字塔,建立一系列不同分辨率的影像图层,每个图层分割存储,并建立相应的空间索引机制,可以减小影像的传输数据量和优化显示性能,明显提高影像数据的显示速度[12]。建立影像金字塔,可以实现与数据量无关、与显示区域无关的海量影像数据的流畅漫游,为海量数据的查询、显示和刷新提供高速服务。

影像金字塔是具有不同分辨率的影像图层的集合,用户根据需求直接取其中某一层作为操作对象,从而提高缩放浏览影像时的显示速度,提高了整体效率。入库过程中系统根据默认参数将入库影像逐幅进行分层分片处理建立金字塔结构,同时将这些分解后的片状影像块写入到数据库的栅格注册系统表中,并把金字塔相关参数信息记录到数据库对应表中,影像的图像分辨率越高,影像金字塔的等级越多。如图4所示,对于图像分辨率为$2^a \times 2^b$的(a>b)影像,SuperMap GIS中将会为其建立(b-6)+1层的金字塔。

影像金字塔中不同分辨率下的图像都和数据一起存储在数据源文件中,增加了数据集的存储空间,从而增大了数据源文件的大小。所以影像金字塔在提高数据管理效率的同时,需要为建塔付出额外的空间开销。而且栅格数据集数据量越大建立金字塔的时间越长,建的级越多,查询越方便,当然影像金字塔的存储空间也就越大,数据冗余也越大,但是会为以后的影像浏览节约更多的时间。所以,对于海量影像数据来说,创建金字塔不失为一种优化效率的选择。

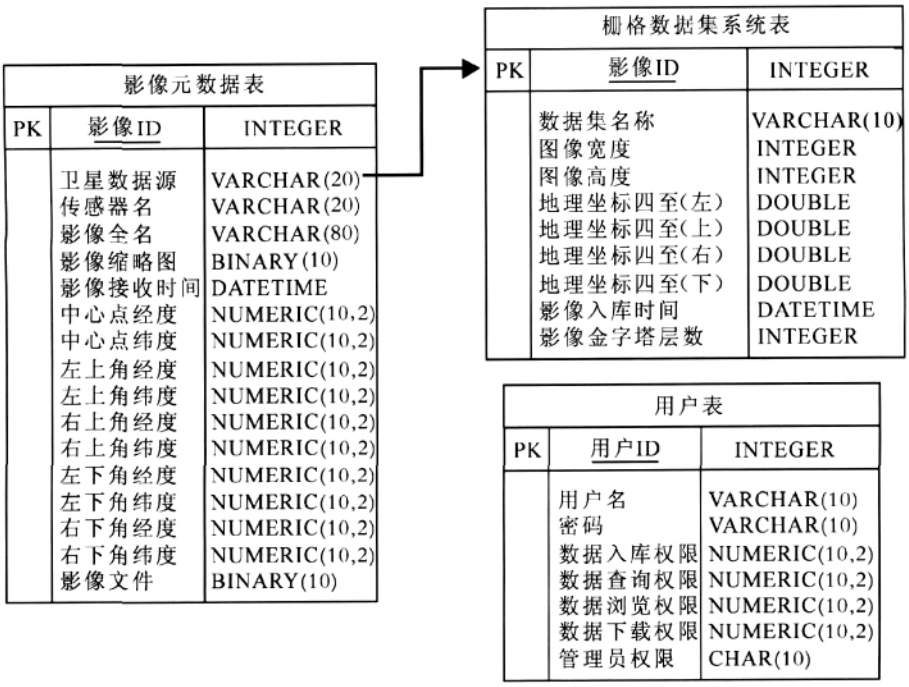


图3 数据库

Fig. 3 Database

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

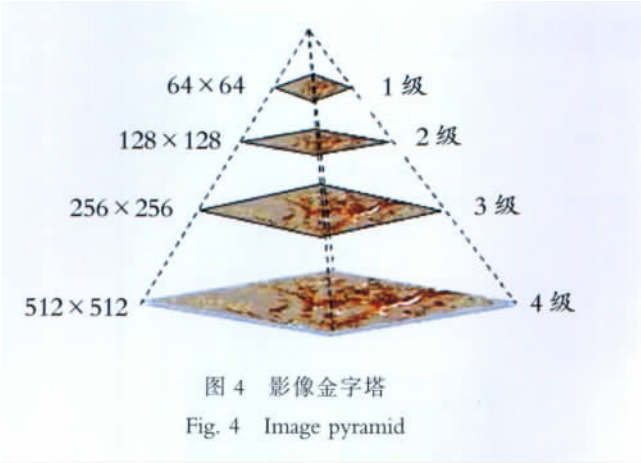


图 4　影像金字塔

Fig. 4　Image pyramid

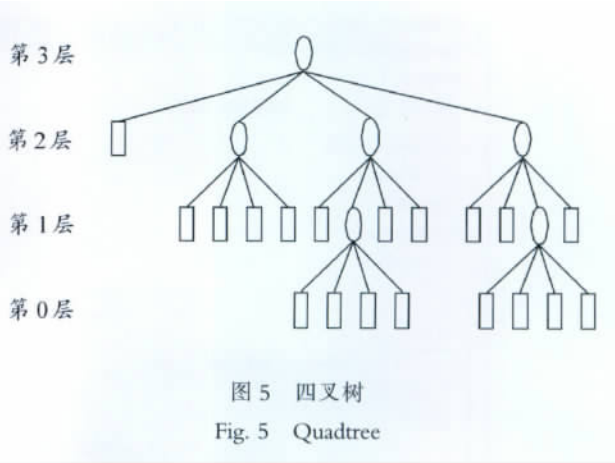


图 5　四叉树

Fig. 5　Quadtree

2.2.2　空间索引技术

快速高效的空间索引是海量空间数据访问的基础和必备条件。现有的空间索引技术主要有几种:四叉树索引、R 树、R+树索引、格网索引、Cell 空间索引等[13-15]。任何一种索引技术都有其不足之处,在现有海量影像和矢量空间数据大量混合存储的情况下,任何单一索引都不能满足存储、查询与获取数据的需求。SuperMap GIS 提出的混合多级索引技术可以有效地解决这一问题,该技术在数据库引擎中综合了多层级网格、四叉树和 R 树 3 种索引的优势,能够有效地提高数据访问和查询效率,适用于不同类型的数据组织。

一般栅格数据建立了影像金字塔后,采用四叉树方式管理影像金字塔文件。如图 5 所示,四叉树结构是一种每个非叶子节点最多只有 4 个分支(或称孩子)且采样倍率是 2 的树型结构,可以用于存储管理影像金字塔模型。而线性四叉树具有块索引定位时间恒定性,可以提高影像块检索速度,对影像块节点编码同时保留了影像块拓扑关系。通过线性四叉树结构进行编码,建立影像块坐标和编码之间的对应关系,以便快速浏览和定位。

SuperMap SDX+的空间索引方法基于传统的四叉树空间索引算法,引入默顿编码和希尔伯特排列的分形算法思想,自主开发了分形四叉树索引,具有很高的查询效率。经反复对比测试,在相同数据(696837 条记录的线数据)的情况下,分形四叉树索引对普通 Bounds 的查询性能在很大程度上优于同类软件的查询性能[16]。SuperMap SDX+在将数据导入到数据库中时会自动为其建立默认的空间索引。

3　系统实现

3.1　系统开发、运行环境

根据本研究支持项目的需要,本系统采用 Client/Server 体系结构。在实现中采用 Microsoft Visual Studio 2005 集成开发环境的 C#2.0 作为开发语言,以 SuperMap Objects 为地理信息系统开发平台进行组件式开发,由 SuperMap Objects 提供的 SDX+空间数据库引擎访问 Oracle10g 关系数据库,进行空间数据库的构建与管理。



图 6　导入栅格数据界面

Fig. 6　Interface of raster image import

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



图 7 影像查询结果

Fig. 7 Map of image query result

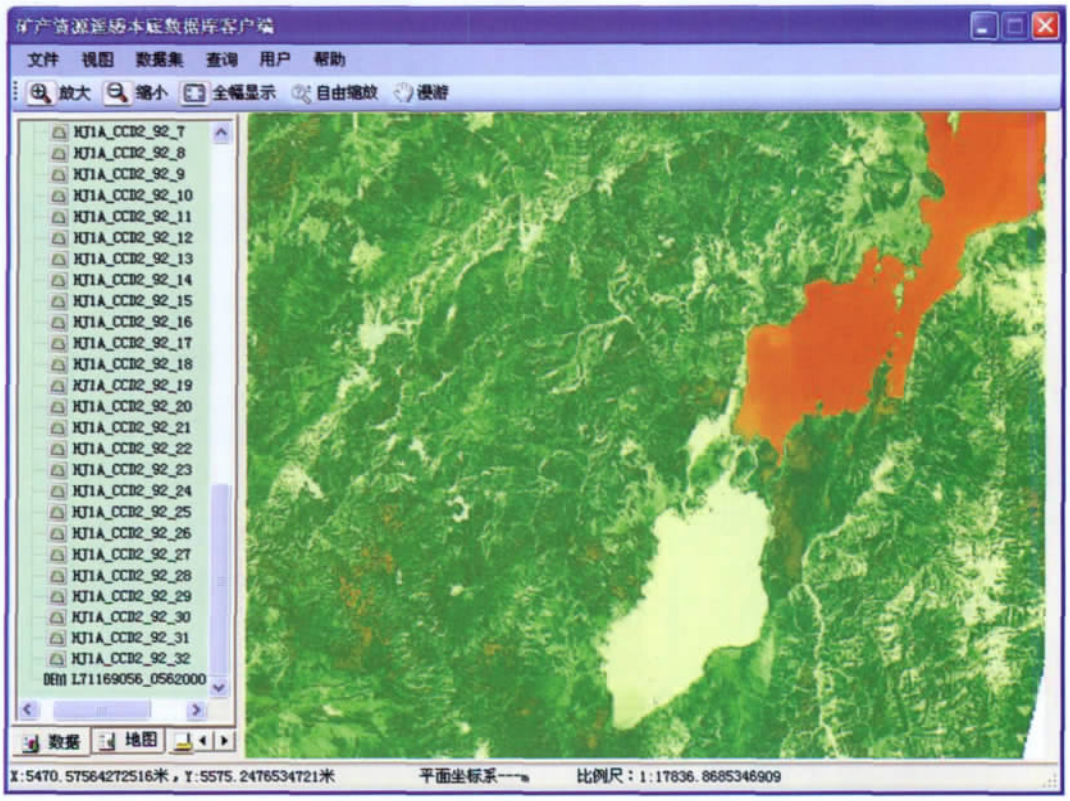


图 8 影像浏览界面

Fig. 8 Map of image browse

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

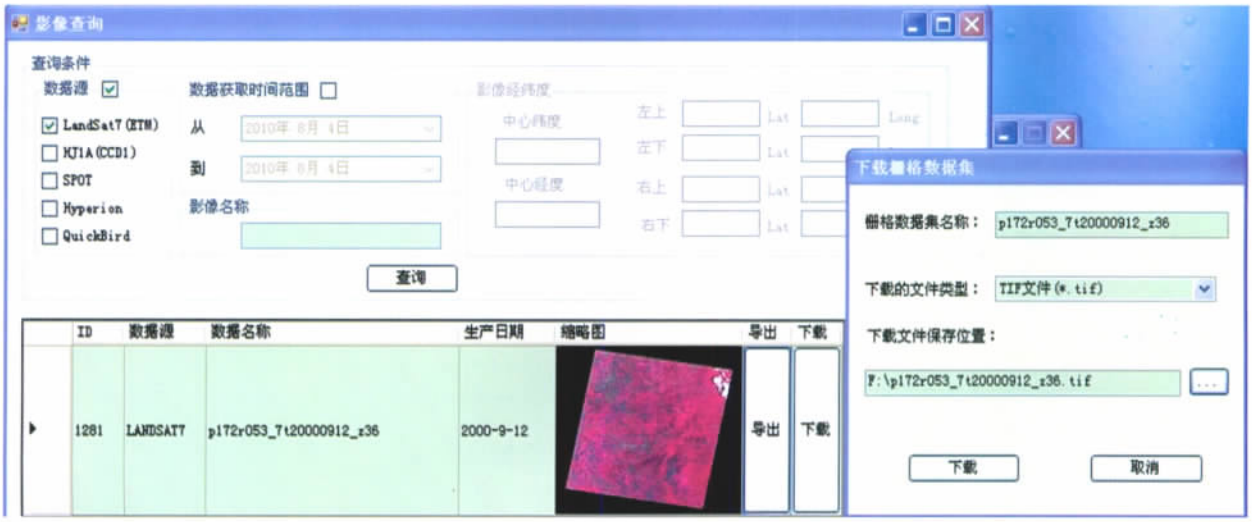


图 9　数据下载界面

Fig. 9　Interface of data download

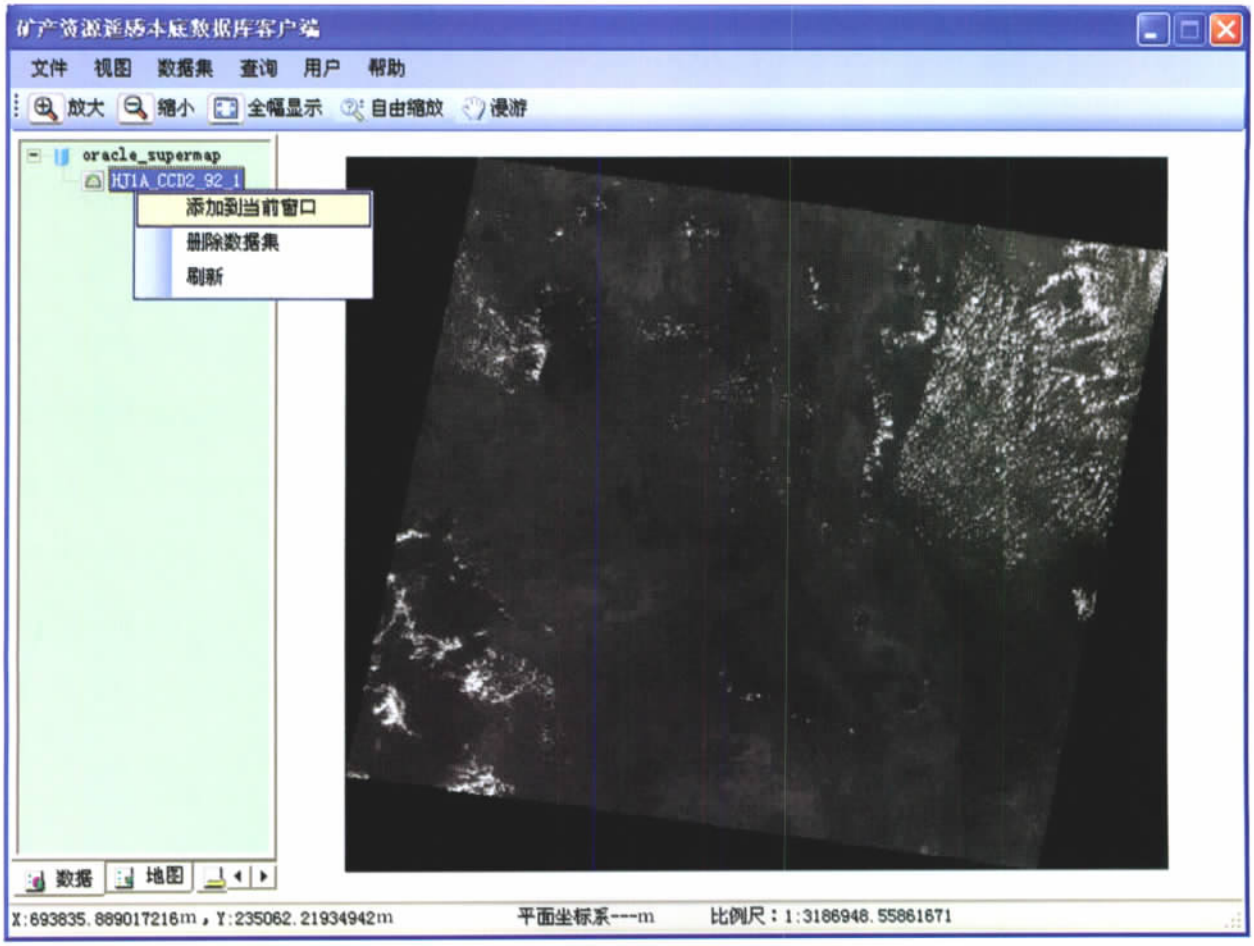


图 10　影像数据管理界面

Fig. 10　Interface of image management

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

本系统运行环境硬件系统:PC 和软件系统 Windows2000、WindowsXP 等操作系统。

3.2 遥感影像入库

影像数据的入库是遥感本底数据库系统提供其它功能的前提和基础,只有具有数据入库权限的用户才可进行原始的影像数据的入库操作。影像数据入库就是要把影像数据、影像元数据及其它辅助文件数据导入遥感本底数据库系统中。见图 6。

3.3 数据的查询、浏览

数据的查询是一个数据库系统必须具备的基本功能,好的查询机制将为用户提供方便的信息咨询服务,使用户快速地从众多的数据中提取自己关心的信息。本系统设计提供基于影像数据源、数据获取时间范围、影像名称、经纬度等查询方式,用户向系统提供一些正确的参数信息即可以通过系统的查询功能找到需求的影像数据。通过以上这些基本查询方式,可以查询到用户需求的影像数据并且可以看到影像快视图(图 7)。

当用户在系统查询中找到了所需求的影像数据后,可通过点击工具栏上的地图放大、地图缩小、自由缩放、全幅显示、地图漫游的按钮或者通过视图菜单下的功能键进行影像数据的基本浏览操作,如图 8 所示。

3.4 数据下载

当用户需要提取存储在服务器上的影像时,首先要提供一些参数信息, 使用本系统进行查询,在查询过程中人工选取需要下载的影像进行输出。影像数据下载的界面如图 9 所示,点击“下载”按钮就可以实现从数据库中导出数据。

3.5 影像数据管理

影像数据入库以后还需要对数据进行管理、维护和修改、删除等操作。在影像名称上点击右键会显示添加到当前窗口、删除数据和刷新的功能,如图 10 所示。

本系统具有一些扩展功能,通过影像坐标参考文件获取坐标信息在主界面下侧进行显示,同时还可以显示影像的比例尺和坐标系。

4 结 语

本文详细介绍了矿产资源遥感影像本底数据库的功能设计、系统结构设计和数据表设计,介绍了 SDX+空间数据库引擎和本研究涉及到的关键技术, 利用SuperMap Objects 组件式地理信息系统开发平台,基于 Oracle 数据库和 SuperMapSDX+空间数据库引擎实现了矿产资源遥感影像本底数据库系统。该数据库可以实现高效的影像数据存储、管理、查询、下载、漫游、浏览、数据导入导出等功能,具有先进性和实用性。但是随着数据的日益增长和应用的广泛要求, 如何更好地管理不同数据源不同时相的影像数据、完善数据更新机制等,仍然需要在以后的工作中进一步深入研究。

参考文献

[1]王密,龚健雅,李德仁.大型无缝影像数据库管理系统的设计与实现[J].武汉大学学报(信息科学版),2003, 28(3):294-300.

[2]李宗华, 彭明军. 基于关系数据库技术的遥感影像数据建库研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2005,30(2):166-169.

[3]简剑锋,尹忠海,周利华,等.大型遥感影像数据库中的海量数据管理技术[J].测绘科学与工程,2006, 26(4): 5-8.

[4]李飞鹏,杨志高,秦前清,等. 高分辨率遥感影像的实时压缩算法[J].武汉大学学报(信息科学版),2004, 29(3): 259-263.

[5]宣家斌,胡庆武. 遥感图像准无损压缩技术的研究[J].武汉测绘科技大学学报,1999,24(4):290-299.

[6]李军,李琦,毛东军,等.遥感影像数据库研究[J]. 计算机工程与应用,2003,27:32-35.

[7]余粉香,万刚,刘广社.基于数据缓存的影像数据库的设计与实现[J].测绘科学技术学报,2006, 23(6):454-456.

[8]李忠,杜绪奎,李梅.遥感影像数据库设计与实现[J].测绘与空间地理信息,2008,31(3):43-49.

[9]李兴.高光谱数据库及数据挖掘研究[D].中国科学院研究生院博士学位论文, 2006:21-28.

[10]北京超图地理信息技术有限公司.Supermap Objects 开发教程[R].北京, 2003:62-63.

[11]岳海斌.基于 Supermap Objects 的正射影像数据库管理系统的设计与实现[J].地理空间信息,2008,6(5):102-105.

[12]陈华斌,毕建涛,曹彦荣,等.遥感影像数据仓库及网络服务探讨[J].测绘科学,2005,30(5):84-85.

[13]胡波.空间索引技术及其应用研究[J].赤峰学院学报(自然科学版),2009,25(11):24-26.

[14]何晋川,张培刚. 空间索引研究及其进展[J].福建电脑,2004,8:2-4.

[15]杨忠德,李明禄,李鲁群.海量影像无缝数据库管理系统的设计及实现[J].计算机工程与应用,2004,30:168-171.

[16]北京超图地理信息技术有限公司.SuperMap SDX+技术白皮书[R].北京, 2003:29-29.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net