

# 4D 产品的空间数据库结构设计

黄勇奇<sup>1,2</sup>, 赵 追<sup>3</sup>, 徐幸福<sup>3</sup>

(1. 中国科学院 研究生院, 北京 100049; 2. 中国科学院 遥感应用研究所,  
北京 100101; 3. 九江学院 土木工程与城建学院, 江西 九江 332005)

[摘要] 主要研究了4D产品(DEM、DOM、DRG、DLG)空间数据库结构设计,将4D产品通过空间数据库引擎ArcSDE存储在大型商业关系数据库管理系统Oracle8i中。在Oracle中可以建立不同的关系表来存储一些4D产品。由于采用关系数据库管理空间数据符合OpenGIS规范,这将增加空间数据的互操作性,并能使GIS融入IT技术的主流。

[关键词] 4D产品;空间数据库;空间数据库引擎;全关系化

[中图分类号] P208; TP311.13 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2006)03-0102-04

## Spatial Database Structure Design of 4D Products

HUANG Yong-qi<sup>1,2</sup>, ZHAO Zhui<sup>3</sup>, XU Xing-fu<sup>3</sup>

(1. School of Graduate, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 2. Institute  
of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

3. School of Civil Engineering and Urban Construction, Jiujiang University, Jiujiang 332005, Jiangxi, China)

**Abstract:** At present, the construction of "Digital Earth" has become global hotspot. One of the characteristics of "Digital Earth" is open platform, component technology and dynamic interoperability, to which file system is not adapted at large. Under the circumstance only relation-full spatial database is suitable to these needs. This paper focuses on how to store up 4D products such as DOM, DEM, DRG and DLG in Oracle 8i, one of large business RDBMS, by spatial database engine.

**Key words:** 4D products; spatial database; spatial database engine; relation-full

### 1 空间数据库的研究现状

空间数据库涉及的基础空间数据主要有数字高程模型(DEM)、数字正射影像(DOM)、数字栅格地图(DRG)、数字线划地图(DLG)<sup>[1]</sup>。为适应经济建设的需要,建立符合中国国情的多比例尺、多数据源的基础空间数据的生产、管理与服务的运行体系,实现空间数据的共享,现在测绘部门正在进行4D产品(DEM、DOM、DRG、DLG)的生产。因此,为4D产品建立空间数据库便提到了测绘工作的日程上来<sup>[2-3]</sup>。

传统的GIS系统是用文件系统来管理空间数据,由小型关系型数据库管理系统来管理属性数据,之间使用特征要素标识符联系起来,如ARC/INFO等。这种管理模式存在着以下缺陷:文件系统的检索能力差;小型关系型数据库管理系统在数据完整性检查及安全保密功能方面的工具贫乏;无法实现数据共享、网络通讯、并发控制、数据的安全恢复机制等。

面向对象的数据模型和对象的空间数据管理一直是GIS领域所追求的目标。面向对象的数据模型最适合于空间数据的表达与管理,但面向对象数据库在数据模型、查询方式、查询语言等方面

尚没有统一可行的标准,还缺乏坚实的形式化理论的支持。

空间数据的全关系化存储管理是在标准的RDBMS上增加空间数据管理层,即空间数据引擎(Spatial Data Engine),利用该层将地理结构查询语言(GeoSQL)转化为标准的SQL查询,借助索引数据的辅助关系实施空间索引操作。这种管理方式可以充分利用RDBMS数据管理的功能,使空间数据与非空间数据一体化集成,实现了真正的Client/Server结构。同时,由于采用关系数据库管理空间数据符合OpenGIS规范,这将增加空间数据的互操作性,并使GIS融入IT技术的主流<sup>[4]</sup>。

从以上几种空间数据库的组织方式来看,基于文件系统和关系数据库混合管理的方式显然已经不适合今天“以数据为中心”的信息技术发展的主流趋势了。对空间数据而言,面向对象的数据模型本身比关系数据模型具有更大的优势,但是它并不像关系数据模型那样有许多成熟的产品。现在GIS正处于过渡时期,就目前技术和市场而言,为更好地利用现有成熟产品和技术,以满足各项应用的迫切需要,采用全关系化管理的方式更实际有效,能更好地保证空间数据库的开放性和互操作性<sup>[5]</sup>。因此,将空间数据由文件管理方式转为全关系化管理方式已成为目前GIS领域的发展趋势。

## 2 全关系化管理方式的体系结构

目前,在全关系化管理方式中的空间数据库引擎使用最普遍的是ESRI公司的ArcSDE。ArcSDE将空间数据及其相关的属性数据统一放到商业化程度较高的标准式提供空间数据访问服务、面向多用户环境成为可能(图1)。

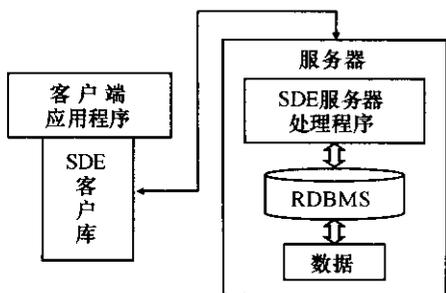


图1 SDE的体系结构  
Fig.1 Hierarchy of SDE

笔者就如何将4D产品通过空间数据库引擎存储ArcSDE在大型商业关系数据库管理系统Oracle8i中进行了讨论。Oracle8i服务器是一个海量数据储藏所,它给用户提供了对这些数据的快速访问,允许应用系统间共享服务器里的数据资源。

## 3 空间数据库结构设计

将原有文件管理方式下的空间数据放到关系型数据库管理系统中,需要重新分析空间数据在文件管理方式下的数据结构,然后再按数据结构的不同,在Oracle中建立不同的关系表来存放相应的空间数据。4D产品中,在文件管理方式下只有DLG是矢量格式,DOM、DEM、DRG均为栅格格式。

### 3.1 DLG产品的数据库结构

为建立连续无缝的空间数据库,应事先对建库区域范围内的图幅进行几何和逻辑上的拼接。DLG可按连续的空间数据模型将建库区域范围内的地理数据分若干层(Layers)进行组织管理,可把每个层放在一个商业表(Business Table)来存储。通过图形数据项(Shape Column),将空间数据和空间索引分别放在F<layer\_id>表和S<layer\_id>中,并用关键项(FID)连接起来。这样,任何完整地物只对应着唯一的对象标识符和一条记录。另外,还可在表空间中通过层表(Layers Table)和几何列表(Geometry\_Columns)来管理商业表,以帮助商业表和空间数据、空间索引之间进行连接。当然,还需Spatial\_References表来说明空间数据的空间参考系统。所有数据表之间的关系如图2。一个表空间可以存储一个或多个层,但一个层不能跨表空间存储。

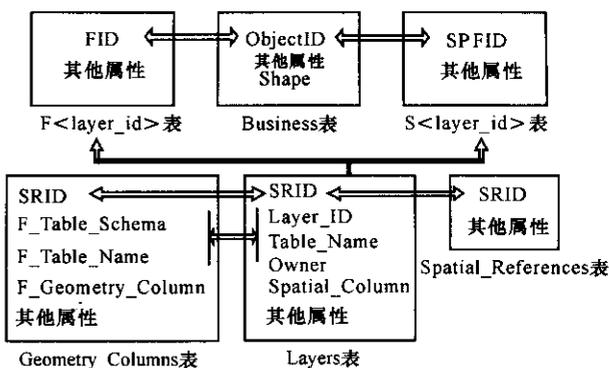


图2 矢量数据表之间的关系  
Fig.2 Relation Among Data Tables of Vector

商业表要根据图层的地物类型和用途来具体构造,例如面状地物的土地利用图层和线状地物的道路层其商业表就不同,同为线状地物的道路层和水系层其商业表也不同。但是它们有一个共同特点,即均有对象标识符数据项(OBJECTID)和图形数据项(SHAPE),前者唯一标志一个地物对象,后者存储这个地物对象的图形数据。除了商业表,其余数据表均可统一构造。

对于多级尺度的问题,理想的解决方案是在数据库中存储大比例尺的基础地理数据,在需要进行较小比例尺的基础地理数据的空间检索、处理、分析、显示时,应用地图制图综合原理对大比例尺的基础地理数据进行处理,包括取舍、概括、移位等,以满足需要。但制图综合到目前仍是一个世界性的难题,因此,这种方案仍很难实现。取而代之的一种简单方案是把几种国家基本比例尺的基础地理数据进行各自建库,以满足多级尺度地理数据的需要<sup>[6]</sup>。

### 3.2 DOM、DEM、DRG 产品的数据库结构

虽然 DOM、DEM、DRG 的生产工艺和用途各不相同,但它们的数据格式是一样的,即都是栅格格式,也叫图像格式。栅格格式的文件类型包括 \*.BMP, \*.TIF, \*.GIF, \*.JPEG, \*.PNG, \*.PCX 等。无论用什么设备和方法实际作业时,一幅 DOM、DEM、DRG 经常是由多幅图像镶嵌而成。

一般地说,一幅 DOM、DEM、DRG 的大小与国家标准的图幅大小相一致<sup>[7-9]</sup>。

一幅 DOM、DEM、DRG 在 ArcSDE 中可用 6 个 ORACLE 关系表来存储管理:商业表(表名为影像专题名称)、Raster 表(表名为 SDE\_RAS\_<Raster\_Column\_ID>)、Raster Band 表(表名为 SDE\_BND\_<Raster\_Column\_ID>)、Raster Blocks 表(表名为 SDE\_BLK\_<Raster\_Column\_ID>)、Raster Band Auxiliary 表(表名为 SDE\_AUX\_<Raster\_Column\_ID>)、RASTER\_COLUMNS 表,有时还需 Spatial\_References 表来说明影像的空间参考系统(这只对有地理参考的影像有效)。这些表之间的关系如图 3。

当导入一幅栅格图像到数据库时, ArcSDE 在现有的商业表中加入栅格数据列(Raster Column),一个商业表只包含一条关于一幅 DOM、DEM、DRG 的记录,这条记录包括了这幅 DOM、DEM、DRG 的栅格数据列和其他属性,但栅格数据列并不存储实际的栅格数据,而是作为一个外键来参考到表 SDE\_RAS\_<Raster\_Column\_ID>的 raster\_id 列。通过栅格数据列也可将商业表和 SDE\_BND\_<Raster\_Column\_ID>表关联起来。当然,商业表也不能用某个统一的形式进行构造,而要根据具体的环境和影像专题来构造。

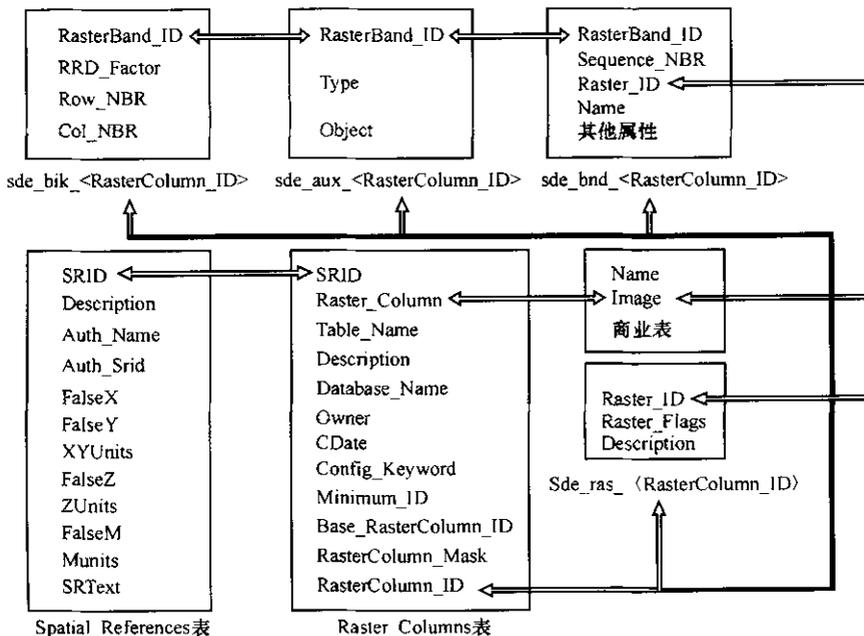


图 3 栅格数据表之间的联系

Fig. 3 Relation Among Data Tables of Raster

当在现有的商业表中加入栅格数据列时, ArcSDE也加一个记录到 RASTER\_COLUMNS表中,记录下商业表中栅格数据列的名称,并根据 RASTER\_COLUMNS表中的 Raster\_Column\_ID列的值来创建 SDE\_RAS\_⟨Raster\_Column\_ID⟩表、SDE\_BND\_⟨Raster\_Column\_ID⟩表、SDE\_BLK\_⟨Raster\_Column\_ID⟩表、SDE\_AUX\_⟨Raster\_Column\_ID⟩表,以存储栅格数据及其元数据。另外,如果栅格数据还有地理参考系统的话,则通过 SRID列作为键来参考到 Spatial\_References表来说明栅格数据的空间参考系统。因此,RASTER\_COLUMNS表起着“总揽全局”的作用。

SDE\_RAS\_⟨Raster\_Column\_ID⟩表是用来存储商业表中栅格数据列的值所关联的栅格影像的描述信息。

每幅栅格影像有一个或多个波段(Band),并在SDE中形成一个栅格堆(Raster Stack)。栅格影像的波段信息存储在 SDE\_BND\_⟨Raster\_Column\_ID⟩表中。除了用 SDE\_BND\_⟨Raster\_Column\_ID⟩表来存储栅格影像波段的一些基本信息,还可用 SDE\_AUX\_⟨Raster\_Column\_ID⟩辅助表来存储栅格影像波段的一些可选信息,这些信息包括图像 Color Map、图像统计信息、用于图像叠加和镶嵌的位掩码。

真正的栅格影像数据是存储在 SDE\_BLK\_⟨Raster\_Column\_ID⟩表中,镶嵌后的栅格影像在 ArcSDE 数据库中主要采用基于分区、分块(Block)、格网单元(Pixel)的层次结构。区域就是栅格影像建库的地理范围,在一定比例尺下,每个区域按一定大小划分成(Tiling)若干个子块,每个子块由若干行和若干列的格网单元组成。通过分区、分块、格网单元的层次结构便可唯一确定栅格影像数据库范围内任意空间位置的属性值,从而保证栅格影像数据的快速查找和无缝存取。子块的大小能被配置以适应 Oracle 数据库块的大小,从而避免了数据块链的不利影响。

对于多级分辨率的问题,采用图像金字塔结构来解决,即同一分辨率的栅格影像数据放在同一个层面中,而不同分辨率的栅格影像数据具有上下的垂直组织关系。越靠近底层,栅格影像数据分辨率越大,数据量也越大。采用图像金字塔结构建立的

栅格影像数据库,便于组织、存储与管理多尺度、多数据源栅格影像数据,实现跨分辨率的索引与浏览。金字塔的构建有两种方式:一种是多分辨率的数据源自动构建金字塔,这种方式目前居多, ArcSDE 采用的也是这种方式;另一种是除了金字塔最底层数据是原始数据外,其他层的影像数据都从底层自动抽取,来构建金字塔<sup>[10]</sup>。

## 4 结语

大型关系型数据库管理系统与 GIS 系统应用的融合,充分体现了大型关系型数据库管理系统在数据管理方面的优势。当然,全关系化的 GIS 应用系统相对文件管理方式的 GIS 应用系统来说,还存在着效率低、容量大等缺陷。随着计算机应用技术的发展,这些缺点都是暂时的,是可以解决的,而且与所提供的功能相比,这些缺陷又都是微不足道的。全关系化空间数据库在 GIS 领域的应用前景已越来越引起 GIS 界人士的重视。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 郭伦,张晶,马修军,等. 地理信息系统——原理、方法和应用[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [2] 宋雪生,黄杏元. 国家海量级地理空间数据库建设研究与设计[J]. 计算机应用研究,2001, 18(5):84-86.
- [3] 李德仁,龚健雅. 信息高速公路、空间数据基础设施与数字地球[J]. 测绘学报,1999,28(1):1-5.
- [4] 修文群,元哲起. 数据库新技术:空间数据引擎[J]. 软件与技术,1998,15(2):23-25.
- [5] 周文生,毛峰,胡鹏. Web 环境下地理空间数据的开放式表达式体系研究[J]. 武汉大学学报:信息科学版,2004, 29(1):43-47.
- [6] 李军,周成虎. 地球空间数据集成多尺度问题基础研究[J]. 地球科学进展,2000,15(1):48-52.
- [7] 许妙忠. 数字地面模型的生产与应用[J]. 测绘信息与工程,2001(2):35-39.
- [8] 许妙忠. 数字栅格地图的生产与应用[J]. 测绘信息与工程,2002(1):23.
- [9] 许妙忠. 数字正射影像的生产与应用[J]. 测绘信息与工程,2001(4):37-40.
- [10] Martin R, Yvan L, Lee I. Visualizing Massive Terrain Database in VRML[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 1999, 19(2): 30-38.