

空间数据库电子接图表的设计与实现

严哲¹, 余瑞¹, 何津^{1*}, 邓文胜¹, 李志慧²

(1. 湖北大学, 武汉 430062; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 目前, 我国已建立多种基础空间数据库, 但现有空间数据库管理系统中, 地图制作、标准地图管理等仍需要采用标准分幅来满足统一管理需要。如何更有效地管理海量分幅空间数据, 并实现对其快速检索成了多尺度基础空间数据库建设亟需解决的问题之一。本文分析了电子接图表, 实现了空间数据接图表的可视化, 集成了现有的空间数据库管理与数据库可视化操作的功能; 依据空间数据不同的比例尺类型、要素类型、几何类型, 自动计算标准分幅编号、绘制分幅边界; 提供空间数据库海量数据检索技术与参数传递方案、基于数据存储的逻辑结构设计数据检索方案, 并总结出空间数据优化存储策略与高效管理方法。应用案例表明, 空间数据库电子接图表能够提高分幅空间数据的可视化管理与检索效率, 对涉及大规模空间数据库可视化管理和检索应用需求, 有很好的理论和实际应用价值。

关键词: 空间数据管理; 电子接图表; 地理信息系统; 地图分幅

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2014.00282

1 引言

20多年来, 我国已经建成各种多源、多尺度、动态基础空间数据库^[1-7], 直接服务于区域和国家乃至全球社会经济发展与环境保护建设。它涉及各种比例尺、几何类型、要素类型的空间数据^[8-9], 且现有空间数据库管理系统中, 地图制作、标准地图管理等仍需要采用标准分幅^[10], 对其进行高效统一管理、检索^[11-14]是当今空间数据库建设的难点。而近年来快速发展的GIS技术为空间数据库的数据采集、处理、存储、更新和维护提供了重要手段^[15-16], 使得空间数据的可视化检索与管理成为可能, 为电子接图表的实现提供了有力的支撑。

接图表是管理基础地图档案的有效方式。但传统接图表只是一个静态分幅关系对照表, 一般为纸质存储, 提供地图标准分幅编号查找功能, 不具备直接对空间数据检索、处理功能。与传统接图表不同, 电子接图表是一种可视化管理工具, 是对空间数据库中要素集的直观映射, 并可显示要素类型、几何类型、数据描述等信息。但在电子接图表的可视化显示、集成空间数据的存储、检索, 以及处

理功能方面略显不足。孙万民^[17]等介绍了地形图分幅及范围解算方法, 为电子接图表的分幅计算实现提供了理论支撑; 杨汝昌^[18]等在专题区调图接图表中, 将传统接图表与联测图区合二为一, 丰富了接图表的信息, 适用于区调图实际部署, 且便于图件检索, 但其为纸质接图表, 尚未实现直接与空间数据交互的功能。而在电子接图表的计算机实现方面, 田振坤^[19]等实现了指定地理区域、比例尺条件下, 所有地图数据的分幅编号; 邹进贵^[20]等结合城市基础地理信息系统的特点, 提出了城市基础地理信息系统的地图分幅与编号方法, 辅助实现了城市基础地理信息系统中地图的图幅管理和检索。但上述电子接图表的实践方面都存在2个方面的不足: (1) 接图表只能提供分幅编号信息, 不能结合空间数据的要素类型、几何类型等信息辅助数据查询、检索; (2) 在接图表上不能直观看出数据存储状况, 更不能直接存取、处理空间数据。

本文针对电子接图表与空间数据集成度不高的现状, 从底层空间数据存储的逻辑结构设计出发, 实现了空间数据库电子接图表的数据存储、检索及处理的功能, 并编程实现了空间数据接图表的

收稿日期: 2013-05-30; 修回日期: 2013-07-24.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71225005)。

作者简介: 严哲(1989-), 女, 陕西人, 硕士生, 研究方向为地理信息系统应用研究。E-mail: yz_gis@163.com

*通讯作者: 何津(1972-), 男, 副教授, 主要从事地理信息系统应用研究。E-mail: he_jin@foxmail.com

可视化。基于数据存储逻辑结构设计和空间数据库操作经验方法,集成了现有的空间数据库管理与数据库可视化操作的功能,依据空间数据不同的比例尺类型、要素类型、几何类型,自动计算标准分幅编号、绘制分幅边界,可以直观看出某一分幅范围内是否有数据,并提供了字符串形式的空间数据库海量数据检索技术方法与参数传递方案,以及基于数据存储的逻辑结构设计数据检索方案,为方便快捷地检索空间数据、核查空间数据库的数据存储状况、统一管理多尺度空间数据提供了支撑。

2 电子接图表功能设计

为满足电子接图表可视化和与空间数据管理和操作集成的需求,运用系统集成思想,空间数据库电子接图表的功能目标有:(1)接图表分幅信息自动计算,包括标准分幅的名称、接图表分幅边界的绘制及标注;(2)空间数据检索和存储状况核查,主要包括针对特定比例尺类型、要素类型、几何类型的空间数据快速检索、存储状况核查等功能;(3)空间数据处理功能集成,支持常用的空间数据处理的功能,包括空间数据的上传、下载、更新及编辑等。其功能目标的实现架构如图1所示。

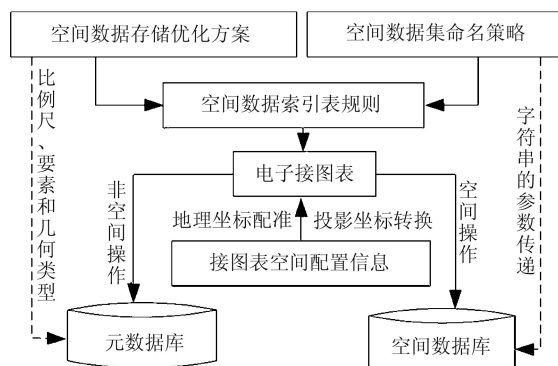


图1 电子接图表构建的总体框架

Fig.1 The construct frame of the electronic map sheet dividing

图1中,电子接图表是通过空间数据索引表与空间数据库建立对应关系。元数据库中存储空间数据的名称、比例尺、要素类型、几何类型等空间数据集的附加信息,电子接图表通过构建附加信息的字符串参数(要素集名称)并传递给空间数据引擎(SDE),实现对空间数据集的操作管理。而实现电子接图表空间数据管理的一个重要的前提是要保证空间数据索引表中的索引数据和空间数据库中

的数据一一对应,这就需要设计较为完善的空间数据要素集命名规则。

2.1 空间数据要素集命名规则设计

空间数据要素集的命名规则设计直接服务于空间数据接图表的数据存储及检索。命名规则的设计要保证数据集名称的易读性和唯一性。同时,在ArcGIS空间数据库中,要素集的名称不能重复。本文用ArcGIS空间数据引擎,结合空间数据的比例尺、要素类型、比例尺类型编码信息为要素集命名,并将要素集的名称以字符串的形式作为ArcGIS空间数据引擎的空数据处理参数进行传递,作为空间数据引擎的处理参数。空间数据库要素集名称命名规则为:

标准分幅号+要素类型编码+几何类型编码

其中,标准分幅编号可由比例尺信息和空间数据的空间参考推算;要素类型编码参考文献[21];几何类型编码按照点、线、面编码为P、L、S。

按照以上名称规则命名的空间数据,保证了其在空间数据库中名称的唯一性,并以此名称作为空间数据的索引编号,建立空间数据索引表,索引表中每条记录对应一个空间数据库中的要素集。并且,通过解析要素集名称,可提取标准分幅号,要素类型编码及几何类型编码等信息,再由这些编码信息,根据各种编码对应的编码表,可获取要素属于何种比例尺、要素类型、几何类型等信息。图2为本文提出的分幅信息编码、要素类型编码、几何类型编码表以及空间数据索引表的数据存储设计方案:

图2中的4个数据表为:

(1)SCALE编码表:对应分幅信息编码。这里存储着按照文献[22]中各种比例尺的名称NAME、编码CODE、及该比例尺下分幅的行数、列数。

(2)FEATURECLASSTYPE编码表:对应要素类型编码。这是存储要素类的类型的分类表,如道路、水系、行政区划等,表中存储要素类型的名称NAME和要素类型编号CODE。

(3)GEOMETRYTYPE编码表:这是存储要素类几何类型的分类表,如点、线、面等几何类型,表中存储几何类型的名称NAME和类型编号CODE。

(4)FEATURECLASS编码表:对应空间数据索引表。该表中的每一条记录对应空间数据库中的一个要素集。空间数据库中要素类的名称NAME、分幅编号PATTNO、比例尺编码SCALECODE、要

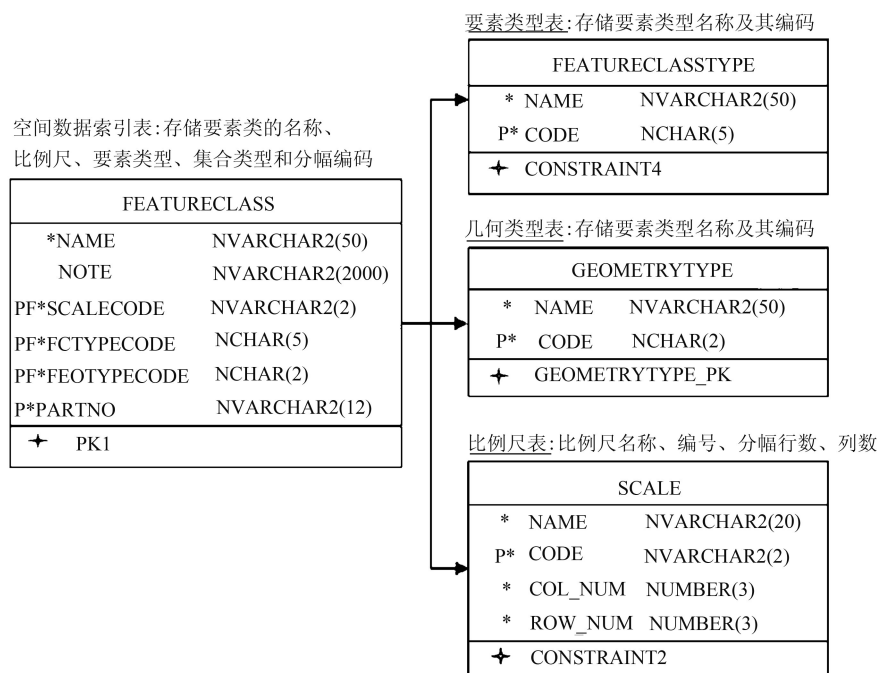


图2 空间数据存储设计方案

Fig.2 The designing scheme of spatial data storage

素类型编码 FCTYPECODE、几何类型编码 GEOTYPECODE 的信息存贮在该表中。

通过将要素类的分幅编号 PARTNO、比例尺编号 SCALECODE、要素类型编号 FCTYPECODE、几何类型编号 GEOTYPECODE 组合在一起构成要素类的名称 NAME,这样就保证了要素类名称的唯一性。

2.2 电子接图表的配置及坐标转换

坐标系统之间的链接关系是空间数据可视化的基础。接图表的空间配置信息提供了接图表与空间数据的空间参考信息,是绘制分幅边界线、自动计算分幅号和操作空间数据的基础。在具体的实现过程中,考虑到增强电子接图表的视觉效果,接图表的背景使用彩色高清图片,但图片并无空间参考信息,须将图片和空间数据库的坐标系统进行配准,建立图片与空间数据库的坐标系统相联系。电子接图表采用 XML 格式的信息存储方案,将图片上、下、左、右边对应的经纬度信息存储在应用程序的配置文件中。在此方式下,如需表达不同地域的空间数据,只需更换背景图片及更新配置文件中相应坐标信息。坐标信息是以 XML 配置文件的形式存储的一个键(key)、值(value)对,形式如下:

```
<add key="Left" value="110"/>
```

```
<add key="Right" value="115"/>
```

```
<add key="Top" value="41"/>
```

```
<add key="Bottom" value="34"/>
```

上面的 XML 配置表示,背景图片边界对应的地理范围是:经线 110°~115°,纬线 34°~41°。

电子接图表的地理坐标由配置文件确定,再根据空间数据的空间参考,还可计算出电子接图表的平面投影坐标。其中,电子接图表的图片坐标、图片地理坐标、图片投影坐标之间的关系如图3所示。

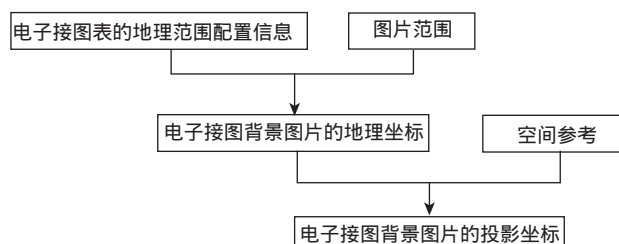


图3 图片坐标、地理坐标、投影坐标的关系

Fig.3 Image coordinates, geographic coordinates, projection coordinates

其中,图片地理坐标和图片投影坐标之间的转换可利用现有的 ArcObject 提供的地理坐标接口 IGeographicCoordinateSystem 和投影坐标系统接口 IProjectedCoordinateSystem 进行转换,详细转换编码可参照文献[23]。而这里需要确定的就是图片坐

标和图片地理坐标的转换,对应转换伪编码如下:

纬度值=(控件高度-鼠标Y坐标值)*(图片纬度差/控件高度)+图片最小纬度

经度值=鼠标点X坐标值*(图片经度差/控件宽度)+图片最小经度 (1)

其中,图片坐标系以像元为单位,电子接图表在屏幕上显示时,须将图片坐标转化为屏幕坐标,控件相当于经过此坐标变换后的图片。控件高度、宽度是指图片在屏幕上显示时对应的高度、宽度。

至此,电子接图表使用由分幅配置信息和系列坐标转换的图片,使得电子接图表的背景图片与空间数据库的空间参考相匹配。

2.3 接图表分幅边界线及标注的绘制方法

接图表分幅边界线的绘制规则已有固定标准^[22],本文基于此类标准和坐标之间的转换关系,绘制空间数据接图表的边界。我国的基本比例尺地形图都是采用经纬线分幅,基础空间数据库中的数据也大都采用国家分幅标准。基本比例尺地形图是在1:100万比例尺地图编号的基础上进行的。自20世纪90年代以来,1:100万比例尺地图用行列式编号法,其他比例尺地形图均在其后再叠加分幅号。由于标准分幅的经纬线都是在1:100万的基

础上绘制的,故本文将分2步绘制接图表分幅边界线:

(1)绘制1:100万分幅边界线。1:100万比例尺的地图编号时采用“列-行”编号,列号从赤道算起,纬度每4°为一列,至南北纬88°各22列,用大写字母A,B,⋯,V表示;行号从180°经线算起,自西向东每6°为一行,全球分为60行,用阿拉伯数字1,2,⋯,60表示。一个列号和一个行号就组成一幅1:100万地图的编号。这里根据配置文件所存储的经纬度范围,每隔6°经差绘制红色纬线。这里需要针对经线和纬线分别绘制。

计算1:100万分幅经纬线的经度、纬度值、及相应标注:根据配置文件所给的地理范围信息,计算公式如下:

分幅经度值=([(图片最小经度 / 6)] + 1) * 6 + i * 6

分幅纬度值=([(图片最小纬度 / 4)] + 1) * 4 + j * 4

(2)

其中,分幅经度值≤图片最大经度值, $i=0, 1, \dots, n$; 分幅纬度值≤图片最大纬度值, $j=0, 1, \dots, n$; 分幅经度值为1:100万图所在经度带度数,分幅纬度值为1:100万图所在的纬度带度数;[]表示数值取整数。对于每个经线、纬线值,将其转化为对应的图片坐标,并设置图片像元的颜色为红色。转换公

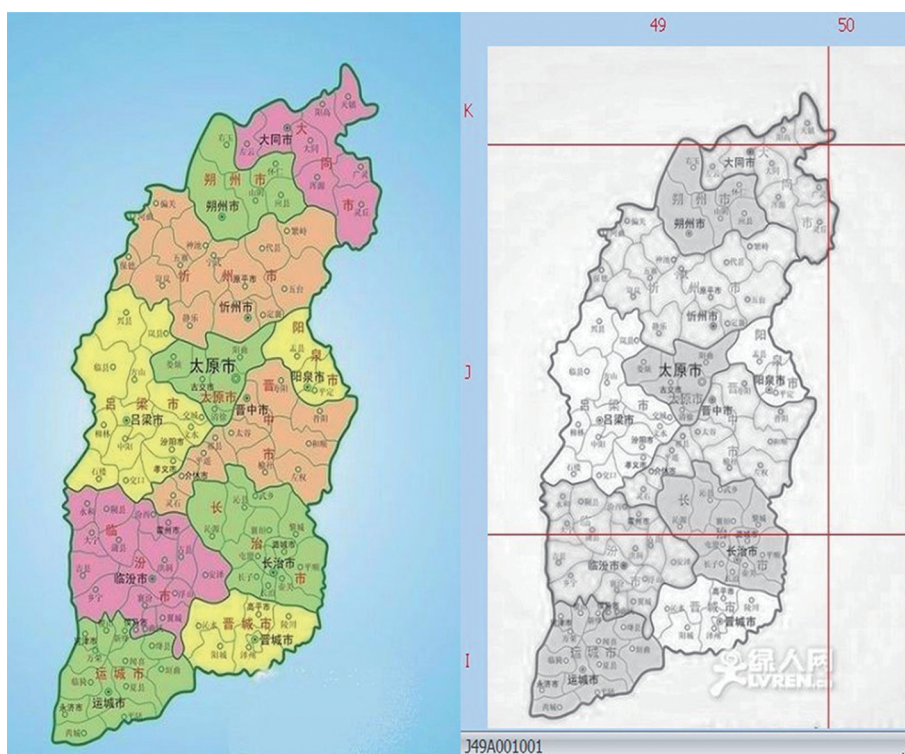


图4 1:100万的山西省接图表

Fig.4 The chart of Shanxi province under 1:100 million

式如式(3):

$x = (\text{图片宽度}/\text{图片经度差} * (\text{分幅经度值} - \text{图片最小经度}))$

$y = \text{图片高度} - (\text{图片高度}/\text{图片纬度差} * (\text{分幅纬度值} - \text{图片最小纬度}))$ (3)

其中, x,y 代表图片实际坐标。

标注的范围为图片左、上两个边界沿线,对于每个分幅的行列,标注的位置为分幅的大小的中点。这里以山西省为例,在1:100万比例尺下,电子接图表绘制结果如图4(b)所示。

(2)绘制其他比例尺分幅边界线。1:5000-1:50万比例尺范围的地图编号都是在1:100万地

图的基础上进行的,其编号都是有由10个编码组成,其中,前3位是所在的1:100万地图的行号(1位)和列号(2位),第4位是比例尺编码(每种比例尺有一个特殊的编码),后面6位分为2段,前3位是分幅行号数字,后3位是列号数字;不足3位时,前面加“0”。绘制其他比例尺的分幅经纬线绘制过程与1:100万相似,但根据所选比例尺的不同,分幅数也不同,需调整每个分幅的经差、纬差。不同比例尺所对应标准分幅的分幅数、经差、纬差,可参考文献[22],并代入到式(2)中,把分幅的经纬差由固定值4、6改为文献中分幅经纬差对应值(像元色彩变为蓝色)。图5为几种不同比例尺绘制的效果图。

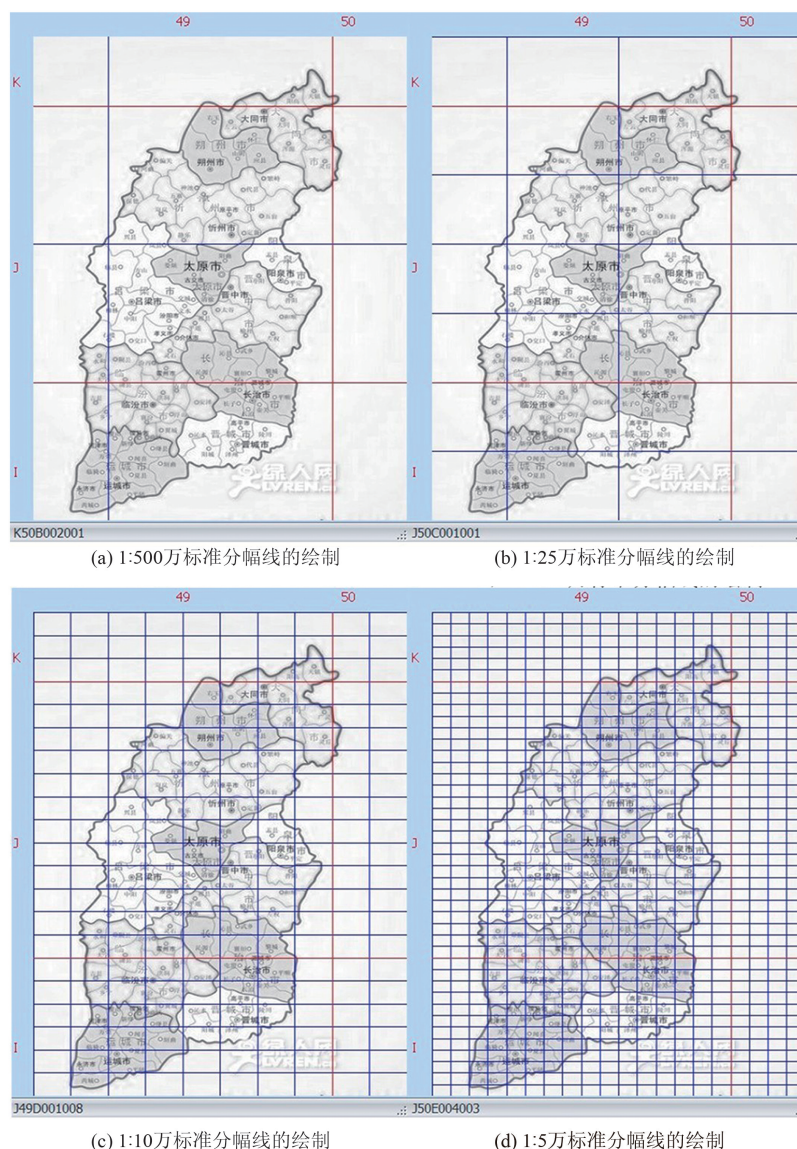


图5 不同比例尺下接图表效果图

Fig.5 The chart effect drawing with different scales

2.4 标准分幅图名的自动计算

电子接图表可通过鼠标直接操纵空间数据,这里需要计算屏幕点所对应的分幅编号,为了实现空间数据管理功能,先要将屏幕坐标转换为相应的地理坐标,进而通过地理坐标判断其所在的分幅。由地理坐标计算分幅编号,再根据比例尺、要素类型、几何类型编码生成空间数据集名称,这里需分1:100万分幅编号和其他各种比例尺分幅编号2个步骤计算,具体可参照文献[21,22]。

2.5 空间数据库数据存储状况检核

通过电子接图表反映数据库存储状况具有实际意义,如检核特定比例尺、几何类型、要素类型下,基础数据库中的空间要素集是否有数据缺失的情况。通过电子接图表中背景图片的色彩变换,可实现空间数据库存储状况的可视化显示,如空间数据集存在,接图表中的相应部分显示为彩色,否则为灰色,使整个空间数据库存储情况一目了然。

对空间数据库数据存储状况进行检核时,首先,根据当前选取的比例尺、要素类型、几何类型信息,在空间数据索引表检索符合条件的记录,检索的结果代表空间数据库中存在的分幅数据;然后,通过图片色彩变换,将没有数据的分幅变为灰色,以显示数据库的存储状况。这就需要通过标准分幅编号,反推图片的对应位置和大小,其步骤如下:

(1)通过分幅编号得到其分幅地理范围,这里以分幅块的左上角的坐标表示其位置。分幅的左上角计算如式(4):

左上角的经度=1:100万分幅经度字符对应的字符码*6+(其他比例尺分幅行编号-1)*分幅经差

左上角的纬度=(1:100万分幅所在的纬度对应的字符码-1)*4+(4/分幅纬差-其他比例尺分幅列编号)*分幅纬差 (4)

有了左上角的地理坐标,结合分幅块的大小,可得到分幅对应的地理范围。

(2)由分幅地理范围计算背景图片中相应的区域。在第(1)步基础上,将左上角的坐标转换为对应的图片坐标,如式(5):

图片像元X坐标=原始图片高度-[(左上角的纬度*图片原始高度)/图片纬度差]

图片像元Y坐标=左上角的经度*原始图片宽

度/图片经度差 (5)

再将分幅的经差、纬差转换为相应的图片宽度差、高度差,其计算如式(6):

图片高度差=图片像元X坐标-[(分幅纬差*图片原始高度)/(图片纬度差)]

图片宽度差=分幅经差*图片原始宽度/图片经度差+图片像元Y坐标 (6)

(3)如空间数据集不存在,将接图表中相应区域设置为灰色。

2.6 通过电子接图表管理空间数据库

相比于传统接图表,本文的电子接图表的优势是能直接操纵空间数据。根据屏幕坐标点自动计算出相应空间数据集名称,并集成空间数据库引擎和ArcObject的空间数据操作功能,实现对空间数据进行处理和管理。在上传(或删除)空间数据的同时增加(或删除)空间数据索引表中对应记录,不仅保证了空间数据库与索引表的一致性,还通过空间数据索引表有效地优化了数据检索的速度。

3 电子接图表的应用实例

基于ArcObjects 10进行二次开发,实现电子接图表对空间数据操作和管理的功能(图6),开发环境为Visual Studio 2010,开发语言为C#,数据库平台为Oracle 11g。

图6所示电子接图表的左上部显示了电子接图表的比例尺、要素类型、几何类型信息,以便查看特定比例尺、要素类型、几何类型的分幅数据在空间数据库中的存储情况;左下部分显示了当前选定分幅的相关信息,如要素集的名称,描述信息等;右侧为接图表的图形显示,按照不同的比例尺,自动绘制分幅边界线,红色线条为1:100万标准分幅线,蓝色线条为当前比例尺对应的分幅线,上面数字为1:100万分幅经度带编号,左侧字母为1:100万分幅纬度带编号。分幅块为彩色显示时,表示空间数据库中存储了相应的空间要素集,灰色分幅块则表示无相应数据,可清楚地展示空间数据库的数据存储状况。同时,电子接图表集成了空间数据管理的工具,方便数据上传、下载及更新等。右侧最下面的状态栏显示了当前分幅的标准编号(分幅号),如J49D011009。

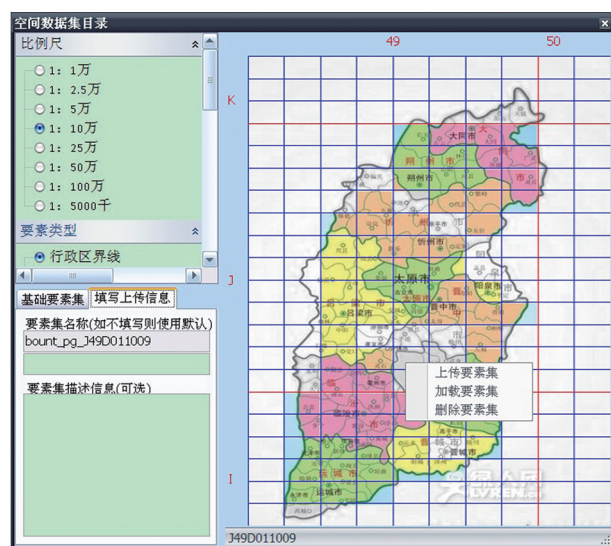


图6 空间数据电子接图表

Fig.6 The electronic map sheet dividing of spatial data

4 结语

空间数据库的可视化管理是一项重要的基础功能^[24-25]。目前,在GIS软件尚不能提供完备的空间数据信息和可视化管理的情况下,本文提出了一种基于电子接图表的具有一定扩展性的空间数据可视化管理方案,实现了通过电子接图表直接操作空间数据,提高了空间数据库管理的可操作性。但是,为使空间数据库电子接图表具有更强的通用性、扩展性和可靠性,具体的参数还应根据具体的硬件和数据库结构进行调整^[14]。今后有待进一步研究的为:(1)完善并建立统一的空间数据名称命名体系;(2)电子接图表的协同管理和权限功能集成及软件开发;(3)面向多源数据集成空间数据库电子接图表数据可视化管理的深入研究。

参考文献:

- [1] 张纯,陈荣国,程昌秀.两种主流空间数据库国际标准与应用分析[J].地球信息科学学报,2009,11(4):526-534.
- [2] 曾澜.我国地理空间信息共享的分类方法和地理编码规则研究[J].地理信息世界,2006,21(7):21-27.
- [3] 马明国,王雪梅,盖迎春,等.中国冰川编目空间数据库元数据标准及应用[J].地理学报,2002,57(7):101-106.
- [4] 孙磊,张彦杰,李丰丹,等.数字地质调查系统空间数据库建库技术方法应用——以1:5万瑶里幅地质图空间数据库制作为例[J].地质学刊,2010,34(3):260-270.
- [5] 胡玲,刘强.基于ArcSDE和Geodatabase的城市规划管理GIS数据库的应用研究[J].计算机科学,2006,33(12):125-127.
- [6] 孟华,李晓东,韩敏,等.基于Geodatabase和ArcSDE的湿地GIS数据库技术研究与应用实例[J].计算机应用研究,2005(10):184-187.
- [7] 谭德宝,程学军.基于ArcSDE和Oracle9i的防洪减灾综合数据库的构建及应用[J].武汉大学学报(信息科学版),2006,31(1):90-93.
- [8] 王春晓,李佳田,王定勇,等.集成型空间数据库技术探讨与应用实例[J].遥感技术与应用,2003,18(2):109-114.
- [9] 张佐帮.基于Geodatabase的面向对象空间数据库设计[J].地理空间信息,2005,3(2):33-35.
- [10] 张新长,雷林辉.广东省地图管理数据库系统建设研究[J].地理信息世界,2007,47(6):47-52.
- [11] 潘瑜春,钟耳顺,梁军.基于空间数据库技术的地籍管理系统研究[J].地理研究,2003,22(2):237-244.
- [12] 韩坤英,丁孝忠,李廷栋,等.全国1:100万地质图空间数据库建设进展[J].中国地质,2007,37(2):359-364.
- [13] 龚健雅,朱欣焰,朱庆.面向对象集成化空间数据库管理系统的设计与实现[J].武汉测绘科技大学学报,2000,25(4):289-293.
- [14] 陈再清.建立高效运行海量空间数据库的策略与方法[J].现代测绘,2004,27(5):24-35.
- [15] Vijay Khatri, Sudha Ram, Snodgrass R T. On augmenting database design-support environments to capture the geo-spatio-temporal data semantics[J]. Information Systems, 2006,31(2):98-133.
- [16] 杨志刚,黄昌胜,刘恩忠.数字地形图管理系统[J].城市勘测,2002(2):12-18.
- [17] 孙万民,毕永良,鲁强,等.新旧地形图编号及范围解算方法[J].海洋测绘,2009,29(5):30-32.
- [18] 杨汝昌.专题区调图接图表的改革[J].地图,1991(2):65-65.
- [19] 田振坤,刘素红,傅莺莺,等.地形图新旧图幅编号自动检索算法及其可视化实现[J].测绘通报,2005(2):61-63.
- [20] 邹进贵,潘正风,周庆俊.城市基础地理信息系统中大比例尺地形图分幅与编号[J].地理空间信息,2005(3):34-35.
- [21] 中华人民共和国国家技术监督检验检疫总局和中国国家标准化委员会.GB/T 13923-2006.基础地理信息要素分类域编码,2006.10.01.
- [22] GB/T 13989-92.国家基本比例尺地形图分幅和编号.国家技术监督局,1992.
- [23] Engine help for .Net ESRI公司.
- [24] MacEachren A M. An evolving cognitive-semiotic approach to geographic visualization and knowledge construction[J].Information Design Journal,2001,10(1):26-36.
- [25] 赵铁松,王晓云,李伟,等.基于B/S架构和开源WebGIS平台的气象观测站网可视化系统[J].气象科技,2013,41(1):57-96.

The Design and Implementation of Spatial Database Map Dividing

YAN Zhe¹, YU Rui¹, HE Jin^{1*}, DENG Wensheng¹ and LI Zhihui²

(1. Hubei University, Wuhan 430062; 2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: At present, all kinds of large-scale spatial databases have been developed in China, which adopt the international standard of map dividing method and coding scheme. Compared with the common database, the volume of spatial database are massive in terms of spatial location, which heavily hinder the efficiency and effectiveness of data processing. Thus, how to manage massive spatial data effectively and efficiently has been the problem urgently to be solved. In recent years, with the rapid development of geographic information system (GIS) technology, spatial database management efficiency is greatly improved, which has become an important tool for spatial database management, analysis, acquisition, processing, storage, updating and maintenance. In order to satisfy the need of production and management of spatial data, this paper discuss a method of map dividing of spatial database, functions of common spatial database management and processing operation are integrated in the spatial database map dividing tools. The main functions of the spatial database map dividing tool are to visualize the storage status of spatial data, representing topological relationships, projection, spatial reference, various map scale, feature type and geometry type, as well as automatically drawing the border of standard map according to different scale. In addition, the extra information of the spatial data could be retrieved and displayed by feature type, geometric type of spatial data, which traditional method of map dividing could not achieving. Furthermore, based on the design of the logical structure of data storage, and to realize the optimization strategy of spatial data storage and retrieval, this method provided massive date retrieval technique and parameterized scheme for spatial database management, the application of map dividing in Management System for spatial database of Shanxi province shows that it provides an effective and efficient method of the manipulation and management of spatial database.

Key words: spatial database management; map dividing; GIS; meta data

*Corresponding author: HE Jin, E-mail: he_jin@foxmail.com