

基于遥感影像的城镇空间数据建库 技术框架研究

胡继华¹, 俞益军², 胡卫革¹, 梁 军¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 中国科学院研究生院 北京 100101;

2. 宁波中科数字城市有限公司, 宁波 315010)

摘 要:快速、高效和低成本地建立与更新小城镇基础空间数据库,是建立小城镇建设规划管理信息系统,实现小城镇规划建设管理信息化的关键。本文提出了基于 0.61m 分辨率的 QuikBird 遥感影像进行屏幕矢量化的方式,同时综合历史规划设计资料和工程测量资料,建立小城镇基础空间数据库的技术方案,并以北京顺义区后沙峪镇基础空间数据库建设为例,证明了方案的可行性和有效性。

关 键 词:小城镇;空间数据库;快鸟影像

中图分类号: P208; P237

1 引言

近 20 年来,中国的小城镇以迅猛之势发展,据统计,从 1990 到 2001 年,小城镇增加了 8 000 多个。为了规范和引导其健康有序地发展,建设部决定在小城镇规划和建设中推广信息化管理。在中国小城镇管理的信息化过程中,小城镇空间数据库的建设是非常重要的组成部分。如果没有正确、完整、现实性强的空间数据库,小城镇的信息化管理就成了一句空话。当前有多种数据建库技术,如工程测量技术、小比例尺航片+CAD 技术、纸图扫描矢量化技术等。(1)工程测量是理论模型和数学基础都非常完备的空间数据采集技术^[1],是最准确的空间数据建库技术手段。但是工程测量的周期长,投资大,需要专业的测量队伍,多数地区缺少专项投资建立测量队伍,保证空间数据的及时采集和更新。(2)小比例尺遥感影像能反映宏观的地物地貌的变化,许多研究用它们进行地物的变化分类评价^[2,3]。为了提高精度,人们常用本地的测量图或规划设计图进行辅助判读,提高成果的精度。小比例尺航片反映不了街区和建筑的变化信息,这些是小城镇管理必需的,因此这种技术并不适合于小城镇管理。(3)许多设计院只提供纸质设计图,不提供相应的电子设计图,历史上的规划设计成果也都是纸图,必须将其数字化整理后才能有效利用。不同历史时段的纸图只覆盖管理范围的一部分,各自规划设计的重点也不一样。用这种方法建库难以保证数据的完整性和现实性。分析了各种空间数据建库技术的优缺点后,本文第一部分对当前相关的新技术进行跟踪,然后提出了

收稿日期:2003-11; 修订日期:2004-03.

基金项目:建设部“十五”国家科技攻关计划《居住区与小城镇建设关键技术研究》之小城镇规划建设信息系
统。

作者简介:胡继华(1971-),男,中国科学院地理科学与资源所博士生。

一种基于高分辨率的 Quick bird 遥感影像的基础空间数据建库方法及其流程,最后用试点工程验证了方法的可行性和有效性。和传统方法相比,本技术充分利用了 GIS、RS 和 GPS 发展的最新成果,具有易于实施、建库速度快、建库成本低、数据库的时空分辨率高、数据库更新维护简单等优点,能够集成城镇各个历史时期的规划设计成果。

2 空间数据建库的新发展

2.1 高分辨率商用影像

航天和传感技术的发展,使遥感影像的分辨率和刷新频率大大提高^[4],以美国快鸟影像(Quick Bird)为例,分辨率达到 0.61m(相当于 1:1740 的地图,汽车、房屋在图像上清晰可见,这个精度可以满足小城镇的综合管理要求),1~3.5 天就可以刷新一次,利用这种高分辨率、高刷新频率的遥感影像可以方便地监测地球表面细微的生长变化^[5-7]。另外,这些商用遥感影像价格合理,1km² 售价仅 200~300 元,一般数据消费单位都有能力购买,它们是基础空间数据建库理想的原始数据。

2.2 海量空间数据管理技术

和 CAD 设计制图软件相比,GIS 最为突出的特点是对大量数据的管理能力。现在 GIS 不仅能管理矢量数据,还能管理遥感影像等海量的栅格数据。GIS 软件数据管理能力的飞速提升为空间数据建库拓宽了技术渠道,使数据建库可以采用快捷的方式实现。

2.3 多源数据集成技术

现在主流的 GIS 软件能够管理 CAD、DGN 等异质、异构的数据,为空间数据建库提供了极大的方便^[8、9]。用户可以用 GIS 软件直接读取已有的 CAD 数据,重新对它们进行分类、编辑,按照设计目标建设空间数据库。

2.4 空间数据精确编辑技术

GIS 的图形编辑技术已经取得了长足的进展,能够像 AutoCAD 软件一样精确快捷地捕捉、编辑空间图形对象或对象结点,大大提高了空间数据的编辑精度。

2.5 精确的 GPS 定位技术

由于美国取消了 SA 政策,以及 GPS 接收设备和差分技术的发展,GPS 数据的精度飞速提高,而设备价格逐渐下降,接近了大众化的消费水平。许多数据生产单位都可以购买这样的差分 GPS 设备,对测量控制点和重要地物进行精确定位。

3 技术方案

为了克服空间数据建库的各种局限性,我们提出了基于 0.61m QuikBird 影像进行屏幕矢量化方式,同时综合历史规划设计资料和工程测量资料,建立小城镇基础空间数据库的

技术方案。它充分利用 GIS 软件的多源数据集成能力,集成高分辨率的遥感影像,高精度的 GPS 数据以及历史上的规划设计数据,快速建立高质量的空间数据库。技术流程见图 1。

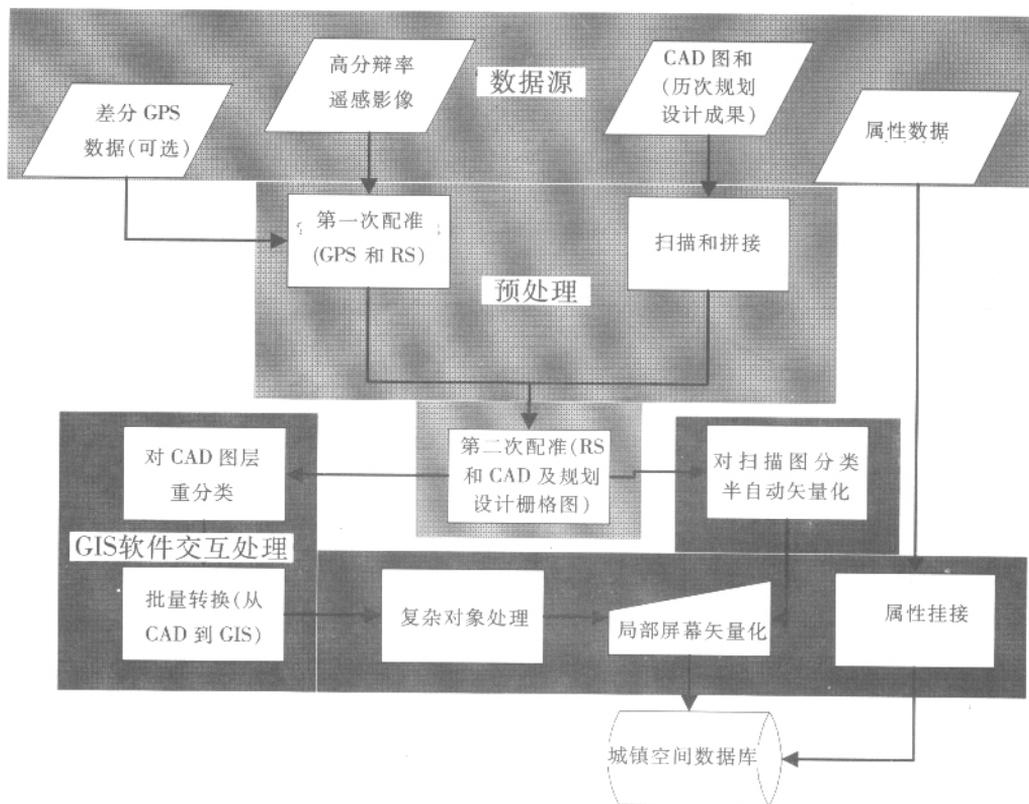


图 1 空间数据库技术流程

Fig.1 The flow chart to build spatial database

3.1 数据源

数据来源可以多种多样,包括大比例尺遥感影像、CAD 数据、GPS 数据、各种工程测量图、规划设计图和资料,以及一些社会经济统计数据。

3.2 数据的预处理

数据的预处理是指对图形和资料进行扫描、拼接和配准,具体为以下几个步骤:

- * 根据需求购买城镇范围内的高分辨率遥感影像,将它们拼成一幅完整的城镇影像图,用 Mosaic 影像数据压缩方法压缩并存储起来;
- * 用已有的工程测量数据或 GPS 测量数据,对影像进行配准,该影像是空间数据库的基础;
- * 整理和分析现有的城镇规划设计图,将图纸扫描并拼接起来;
- * 将已有的 CAD 图形拼接起来;
- * 以配准后的影像为标准将各种 CAD 数据和扫描后的图纸配准,至此完成数据的预处理。

3.3 GIS 软件交互整理

GIS 软件交互整理是人机交互的过程,是一种半自动化的过程,主要包括以下几个步骤。

3.3.1 对 CAD 数据重新分类

充分利用城镇历次规划设计积累的 CAD 数据,对其进行重新整理和分类,可以节省大量的时间和资金。参照“县市级土地利用规划数据库标准”和相关国家标准,本文提出了城镇空间数据分类标准,见表 1。

表 1 城镇空间数据分类标准

Tab.1 The classifying standard of spatial objects in town

图层编码	图层名称	描 述
BOUNDARY	境界	镇的边界
M_VILLAGE	村庄(面)	村庄范围
LABEL	注记	单位、道路名称等标注
L_WATER	水系(线)	线状水系
ELEVATION	高程点	从工程测量图(CAD图)上获取
SYMBOL	独立符号	独立符号点
L_ROAD	道路边线	道路边线
M_WATER	水系(面)	面状水系
M_SPORT	运动场	运动场范围
L_LINE	显示线	围墙
CONTOUR	等高线	从工程测量图(CAD图)上获取
P_VEGETATION	植被点	树木或小块植被
M_BUILDING	建筑物(面)	各种建筑
L_MIDLINE	道路中心线	
M_GREEN	绿化地(面)	
IMAGE	遥感影像	采用 MrSID 技术压缩的遥感影像数据或扫描的工程图纸

3.3.2 批量处理

批量处理包括以下两种:

批量数据转换。按照城镇规划用地标准对 CAD 数据进行批量转换。例如,将 CAD 格式的水系数据转换为 GIS 格式的数据,将 CAD 格式的建筑用地转换为 GIS 格式的数据等。

疑难数据处理。仔细分析 CAD 数据中的特殊数据如块、组合等,将它们转换为 GIS 格式的数据。

3.3.3 屏幕矢量化

在高分辨率的影像上,道路、房屋边界清晰可见,可在影像上直接进行矢量化。这里分为两种情况:a)CAD 图上没有的,手工矢量化;b)CAD 图上有,但和图像上不符合,对转进的 CAD 数据进行编辑或删除,然后屏幕矢量化。

另外,如果用户只有规划设计图纸而没有 CAD 数据,用户可以对扫描后的图纸进行半

自动矢量化,通过简单的人机交互,快速将图纸上的各类地物分别提取到对应的图层中并保存起来,不用经过 CAD 转换和分类。对等高线进行矢量化时,用户只需在栅格图上点击确定等高线的转折点和矢量化的方向,Supermap 自动跟踪和拟合等高线,画出正确的等高线并保存到等高线图层中。

3.3.4 属性数据挂接

属性数据挂接。首先在空间对象的记录里输入对应属性纪录的编码,然后通过人机交互,批量转入属性数据。

3.3.5 数据加工

数据加工。按照用户需求对感兴趣的空間数据进一步深加工,如对路网数据创建拓扑网络,或对建筑进行专题图制作等,深入挖掘其中的信息。

3.4 GIS 数据存储

Supermap GIS 采用面向对象的数据模型,将矢量、栅格、DEM、TIN 等各种空间数据统一集成管理,完全支持对象或对象关系型的数据存储结构。用户存储数据时,可以将数据保存到文本数据文件(Supermap SDB 或 MS ACCESS),也可以将数据保存到大型商业数据库中(如 ORACLE,SQL SERVER,SYBASE,DM)。文件型存储和数据库型的数据模型是统一的,他们调入内存后的映像是一样的,可以轻松地从一个存储模式转变为另一种存储模式。Supermap 在数据存储方面做得比较完善,内在地支持多源数据无缝集成,可以将流行的标准数据交换格式的文件转进来,也可以将 Supermap 的数据格式转换为流行的数据格式(详见 Supermap 网站)。

4 质量控制方案

在建库过程中存在各种各样的误差,必须采取有效的措施和方法降低和消除误差,才能有效控制建库的质量,使基础空间数据库的可用性达到要求^[10]。由于本技术方案的 GIS 软件先进,遥感数据源现实性好,分辨率高,并且是本地人员实施数据建库工作,从总体上保证了数据库的质量。同时,针对每一种误差采取了相应的对策,从各方面减少了数据误差,使生产成果满足了使用要求。

4.1 建库中的误差

城镇空间数据建库中存在以下几方面的误差:(1)数据源现实性及误差,其中遥感影像的时间、精度、质量最为关键。(2)纸质地图扫描后的空间纠正误差。(3)卫星影像、扫描地图的空间配准误差。(4)手工矢量化误差。(5)影像判读误差。(6)属性误差。

4.2 总体质量控制

总体质量控制是从数据源的质量上和数据采集工具上进行选择和控制,从根本上保证建库质量:

* 采用分辨率高、现势性强、价格低廉的商用遥感影像——快鸟影像(Quick Bird)。在高分

分辨率遥感影像上的地物和平常所见的地物差别不大,对建库人员进行简单的培训就可投入工作。

- * 使用工程测量数据进行配准,有条件的地方可以使用高精度的 GPS 数据进行配准。

- * 使用 SuperMap GIS 软件作为空间数据建库软件。SuperMap 集成了当前 GIS 技术的最新发展,易于操作和使用,实现了多源数据无缝集成、海量数据管理、精确编辑和智能捕捉技术,可以保证空间数据编辑的精度和质量。

- * 对本地人员进行培训,使他们成为空间数据库建设和维护的主力。本地人员对城镇范围内的地物非常熟悉,让本地人员建库,可以大大减少航片判读培训的时间,提高属性数据采集的完整性和准确性,并使空间数据的定期更新得到保障。

4.3 详细质量控制

针对每一种误差类型,确定相应的误差减少或消除的控制方案,从每一个细节上提高数据质量。

4.3.1 数据源现势性及误差。

采用最近获取的遥感影像数据、GPS 数据或工程测量数据根本解决数据源现势性。商用遥感影像在出售时已经做好图像拼接,初步进行了辐射和几何校正,符合使用要求。以后有条件的城镇可以用 GPS 测量设备即时测量控制点坐标,或向相关的测绘部门索取一些控制点数据,保证配准的精度。

4.3.2 纸质地图扫描后的空间校正误差。

由于纸张变形,纸质地图扫描后误差较大,故采用 16 点二次仿射变换进行校正。16 点选择为 4 个图廓点,12 个道路交叉点或大型建筑角点。校正中误差控制在建库许可范围以内。

4.3.3 CAD 图及控制点的空间配准误差。

首先是遥感影像和控制点的配准,遥感影像覆盖了城镇范围,配准工作量不大,应尽量提高配准精度,CAD 拼接完毕后,分别从遥感影像上和 CAD 图上获取同名地物点,一般 8 个左右,对 CAD 图进行配准。二者在空间上的偏差控制在建库许可范围以内,如达不到要求,纠正过程可以反复进行多次。

4.3.4 影像判读误差。

主要表现为地物分类错误。在判读前,应建立影像判读库,并让工作人员进行实地考察训练。由于影像分辨率高,并且是本地人员进行判读,这方面的误差可以认为符合要求。

4.3.5 数据采集误差。

数字化误差可以定义为数字化的线对于原图上线的偏差。另外,不同人员对地物要素的表达程度会有所不同,即对制图综合的执行不同。使用 SuperMap GIS 软件建立统一的数据源、数据集和图层,并将多源数据集成起来,互相参照,可以降低误差到允许范围内。

4.3.6 属性误差。

空间数据在属性方面存在着完整性与正确性问题。例如新建房屋,其位置可以由遥感影像确定,但是权属需要调查才能知道。任用本地人员建库,在调查属性数据方面具有优势,易于保证属性数据的正确性与完整性。

4.4 点的误差估算

空间数据的误差主要体现为点、线、面的误差,其中点的误差是最根本的,它决定了线和面的误差。下面估算一下点的误差。这里首先提出一些假设:

(1)遥感图像的辐射纠正和几何纠正有成熟的理论和算法指导,由专业的遥感影像公司进行,这里假设纠正后的误差为零;(2)纸图扫描矢量化及其几何纠正也有成熟的理论和算法指导,这里假设其误差为零;(3)静态 GPS 差分的误差是厘米级,假设其误差为零;(4)假设影像的分辨率是均一的。

有了以上假设后,可以发现误差的主要来源是配准点选择的误差,配准算法的误差和屏幕矢量化的误差。由于人的眼睛受其物理限制,最小能区分连续的两个像元表示的地物或独立的四个像元表示的地物,因此配准点的选择误差为 2~4 个像元。如果配准点选的比较合理,则配准算法产生的误差是很小的,可以忽略不计。屏幕矢量化产生的误差同配准点选择的误差一样,为 2~4 个像元,它和配准点的误差是相互叠加的。这样,总的误差为 2~8 个像元,由于 Quick Bird 的像元分辨率为 0.61m,则总的误差为 1.22~4.88m。

5 实例—北京市后沙峪镇区空间数据库

5.1 项目背景

中国的小城镇正在蓬勃发展,但是其中存在很多问题。为了推动和规范小城镇的有序协调发展,建设部决定在北京市顺义区后沙峪镇建立试点,研究开发小城镇综合规划管理信息系统,然后面向全国推动城镇的信息化建设,以先进的“3S”技术管理城镇的开发建设和管理。空间数据库是信息系统实施的关键,快速、高效、低成本的空间数据库技术,会使系统的推广难度大大降低,也是城镇综合规划管理信息系统的价值所在。

5.2 平台环境

表 2 平台环境

Tab.2 The Platform Enviroments

类别	描述
操作系统	Window 2000 professional sp4
数据库软件	SuperMap 格式的文件型数据库 (SDB)
GIS 软件	SuperMap DeskPro 2003

5.3 数据源

表 3 数据源

Tab.3 Datasources

类别	描述
遥感影像	Quick Bird (0.61m 分辨率), 2003 年 4 月 24 号, 两景, 覆盖了后沙峪镇及其周围的镇, 136.8km ² , 拼接后的原始数据量为 1.3GB, 经 MrSID 压缩后的数据量为 53MB。配准的标准差控制在许可范围内 (5 个像元)。
地形图 (CAD 图)	共 53 幅, 比例尺为 1:1000, 覆盖了后沙峪镇, 5.3km ² , 拼接后和遥感影像配准, 标准差控制在许可范围内 (5m)。
规划设计图及资料	镇域规划现状图, 土地使用规划图, 道路系统规划图, 行政区划图, 工程地质条件示意图, 都是栅格图, 分别和遥感影像进行配准。作为参考资料

5.4 建库流程

按照图 1 的建库流程,后沙峪空间数据库建设经历以下几个步骤:

1、人员培训。技术人员首先参加 SuperMap DeskPro 培训,培训后他们能够对影像进行配准,对 CAD 图进行配准,对遥感影像进行正确判读和手工矢量化。

2、数据源准备和预处理。购买 Quick Bird,索取控制点信息,然后配准;将 53 幅 CAD 地形图拼接起来,和遥感影像配准;将各规划设计图扫描进来,和遥感影像配准。

3、批量数据转入。将道路、房屋、水系等空间对象集转入到 GIS 数据库相应的数据集里,通过 SuperMap DeskPro 查询提取点数据集、线数据集、多边形数据集,去掉 CAD 中多余的信息。

4、复杂对象转入。如控制点在 CAD 图中用圆+HATCH 填充表示,利用 SuperMap DeskPro 对圆和 HATCH 进行自动拓扑,提取质点中心,生成点数据集。

5、屏幕矢量化。将转进后的数据和遥感影像及规划设计图进行比较,在空白处判读遥感影像,分清属于哪一类空间对象,然后屏幕矢量化创建数据;如果转进的数据不能反映最近的变化,应对数据进行编辑甚至删除,重新矢量化产生数据。

6、属性数据输入。在空间数据集里建好属性字段(如房屋编号字段),然后选好要转入的属性数据文件(如房屋权属文件-户主.MDB),批量转入其他属性数据,如果属性数据缺失,立即调查补充。

7、数据加工。首先给各种数据集赋予颜色、符号、线型和填充类型,之后基于属性数据,根据需要制作各种专题图。

5.5 成果

按照上面提出的建库方法,后沙峪镇的两名技术人员在两个星期内即完成了空间数据库建库工作,时间短、成本低,完全符合城镇综合规划管理信息系统的使用要求,见图 2。



图 2 建成后的空间数据库,利用 SuperMap Deskpro 集成小区规划图

Fig.2 The finished spatial database, which integrates the map of community planning

6 结语

经过沙峪镇试点的实践证明,本文提出的空间数据库(和更新)技术成本低、速度快、现实性强、符合使用要求,可以快速充分地利用历史上积累的规划设计和工程测量资料,节省投资和数据库生产时间。该技术方案使小城镇快速建立相当于 1:1740 比例尺的基础空间数据库,轻松实现小城镇建设信息化从无到有的巨大飞跃。但是本方案较适用于平原地区小城镇空间数据库建设工作,在山区,由于地形起伏剧烈,像片周边像点存在严重的漂移现象,遥感影像的配准精度难以保证,如何提高山区小城镇影像的配准精度,有待进一步深入研究。

参考文献

- [1] 林致福,王云江. 市政工程测量. 北京:中国建筑工业出版社, 2003.
- [2] 安如,洪学智,王慧麟. 利用遥感技术集成与更新 1:50000 基础地理空间数据时的数据质量控制与评价. 遥感信息, 2002.
- [3] 张显峰,崔伟宏. 运用 RS、GPS 和 GIS 技术进行大比例尺土地利用动态监测的实验研究. 地理科学进展, 1999, 18(2).
- [4] 赖志斌,夏曙东,承继成. 高分辨率遥感卫星数据在城市生态环境评价中的应用模型研究. 地理科学进展, 2000, 19(4).
- [5] Lloyd Coulter, Douglas et al. Comparison of high spatial resolution imagery for efficient generation of GIS vegetation layers. Photogrammetric Engineering & remote Sensing, 2000, 66(11).
- [6] Quackenbush L J, Hopkins P F et al. Developing forestry products from high resolution digital aerial imagery. Photogrammetric Engineering & remote Sensing, 2000, 66(11).
- [7] Zhou Guoqing, LiRon. Accuracy evaluation of ground points from IKONOS high-resolution satellite imagery. Photogrammetric Engineering & remote Sensing, 2000, 66(9).
- [8] 宋关福,钟耳顺,刘纪远,肖乐斌. 多源空间数据无缝集成研究. 地理科学进展, 2000, 19(2).
- [9] 齐清文,裴新富. 多源信息的集成与融合及其在遥感制图中的优化利用. 地理科学进展, 2001, 20(1).
- [10] 杜道生,王占红,马聪丽. 空间数据库质量模型研究. 中国图形图像学报, 2000, 5(7).

A Framework of Building Spatial Database of Town Based on Remote Sensing Image

HU Jihua¹, YU Yijun², HU Weige¹, LIANG Jun¹

- (1. Institute of Geographical Sciences And Natural Resources Research, Graduate School of the China Academy of Sciences Beijing 100101;
2. Digital City Information System Co., Ltd Ningbo 315010)

Abstract: As economy booms in China, the number of town grows rapidly. The rapid urbanization has brought many problems, such as the abuse of land development, the chaos of construction market, etc. Informationization based on GIS, RS and GPS is dedicated to this aid, that is, to build up Geographical Information System of planning and construction of town.

However, the biggest obstacle of informationization is the cost of building the spatial database, which most of towns cannot afford. For this problem, by linking high-resolution remote sensing data, SuperMap GIS, and GPS, this paper proposes a workable solution.

Quick Bird Image of towns, digitized surveyed maps and planned maps, and CAD data are available for this purpose. Firstly, CAD data is extracted and reclassified into layers according to Land Use Planning Database Standard for County; if CAD data is not available, maps can be changed into vector and then classified into different layers.

Next, Quick Bird Image is used to complement and amend the layers, that is, to complement somewhere if it is still blank and to update somewhere if it already changed.

Finally we render the layers with new color, symbols, linestyles or hatches.

This solution is practical since data noted above can be acquired not only easily but in low cost; for example, up-to-date Quick Bird Image can be bought at the price of RMB 200~300 yuan/km², Supermap GIS software is easy to use. We test our method for the Houshayu Town in Beijing. The results confirm the effectiveness of RS-based approach. It spares not only money but time since two workers can build such a database successfully in three weeks.

Key words: town; spatial database; quick bird; GIS