

地下管网数据的动态更新技术研究

梁庆发, 张新长, 郭泰圣

(中山大学 地理科学与规划学院, 广东 广州 510275)

基金项目:

国家自然科学基金项目(41071246)资助; 高等学校博士学科点专项基金(20120171110030)资助

作者简介:

梁庆发(1983-), 男, 广东茂名人, 地图学与地理信息系统专业, 硕士生, 主要研究方向为城市地理信息系统与地理信息数据处理。

E-mail:

liangqingfa2008@126.com

收稿日期: 2013-02-24

【摘要】结合城市地下管网数据的现状, 建立地下管网数据的时空数据结构; 针对较少数据量的竣工测量数据和较大数据量的普查数据分别采用了基于要素和基于范围的更新方法, 同时建立起数据的历史回溯机制, 实现任意时间点数据的查询展示。实实在在解决了地下管网数据的现势性以及历史数据维护问题。

【关键词】地下管网; 动态更新; 时空数据; 最小凸包

Study on the Technology of Dynamic Update in Underground Pipeline Data

LIANG Qingfa, ZHANG Xinchang, GUO Taisheng

(School of Geography and Planning, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Considering the developing situation, this paper constructs the spatial-temporal data structure of urban underground pipeline data. Object-based updating method is purposed for the relatively small data of completion measurement. Scope-based updating method is for the mass data of surveying census data. This paper also develops historical retrospect mechanism to present data of any time point. Therefore, it provides a solution for the data currency maintenance and historical data management of underground pipeline data.

Keywords: Underground Pipeline; Dynamic Updating; Spatial-Temporal Data; Minimum Convex Hull

0 引言

地下管网是城市的生命线, 是数字城市建设中的一个重要的动态变化信息源^[1], 保持地下管网数据现势性的重要性不言而喻。动态更新技术则是维护空间数据库现势性的主要手段^[2]。在空间数据动态更新方面, 国内外学者从地理事件建模^[3,4]、时空数据建模^[5]和空间冲突检测与处理^[6]等角度提出了空间数据更新的一般性解决方法, 但是没有从地下管网数据的具体情况有针对性深入研究; 文献[1]和文献[7]在地下管网数据的基础上引入时空数据模型对数据进行了有效的组织并对相关的变化事件进行了一定

的操作, 但缺乏完整的更新技术路线。本文在对地下管网数据进行有效组织的基础上, 提出了基于要素和基于范围的地下管网数据动态更新方法, 分别解决了针对小数据量的地下管网竣工测量数据和较大数据量的地下管网普查数据的更新问题, 并建立了地下管网数据的历史回溯机制。

1 数据组织

1) 数据分层

参考国家行业标准, 从功能语义上把地下管网数据分成以下十大类: 给水、排水、燃气、热力、电力、电信、广播电视、工业、综合管沟和人防。大类下面可根据各城市的

实际情况再进行细分, 例如排水可分为雨水、污水、雨污合流, 电力可分为供电、路灯、交通信号等; 从几何特征上分为管点和管线; 从时态特征上分为现状管网数据和历史管网数据。对地下管网数据的分层主要是在功能语义分类的基础上, 再根据几何特征细分为点和线两个图层, 例如供电管网数据分为供电管点和供电管线两个图层。

2) 数据属性

地下管网数据的具体属性因各个城市的实际情况不同而有所差异, 本文只从数据动态更新的角度来提出数据必须具备的属性。管点数据必须具备的属性: 坐标、点号(唯一)、特征代码, 其中特征代

码主要是记录管点的特征信息，如弯头、三通、四通等，分别通过代码来记录；管线数据必须具备的属性：起点号、终点号、管段编号（唯一）。管线数据的起点号与终点号不能相同且必须与管点数据的点号相对应，即管线数据的起点或终点号必须为与其相连的管点的点号。

3) 时态控制

传统的地理信息系统的空间数据库是现实世界在某一瞬间的快照式静态描述，难以实现管网变更信息与历史数据管理等功能^[1]。解决这个问题的主要方法是引入时态数据模型，

在现有数据结构的基础上添加相关的时间标记。本文通过为现状管网数据和历史管网数据添加时间属性，并通过更新机制和回溯机制来利用这个时态信息以达到对现状数据和历史数据的有效管理。

4) 数据库建立与数据模型的选择

从数据的有效管理与数据安全的方面考虑，需要建立三类数据库：现势库、历史库和临时库，现势库用来存放现状数据，历史库存放历史数据，临时库则存放更新过程中的数据。现势库和历史库采用Oracle+ArcSDE的模式，临时库则采取个人地理数据库(mdb)的模式。数据模型采用Geodatabase的矢量数据模型，现势库和历史库相当于一个矢量数据集(Featuredataset)，各数据层则为相应的矢量要素类(Featureclass)。

结合地下管网的数据属性、时态控制与Geodatabase矢量数据模型确定的地下管网数据时空数据结构见表1所列。

表1 地下管网数据的时空数据结构
Tab.1 The spatial-temporal data structure of underground pipeline data

数据类型	字段	类型	长度(精度)	单位
现状管点	X坐标	Double	10(0.001)	m
	Y坐标	Double	10(0.001)	m
	点号	String	20	byte
	特征代码	String	20	byte
	入库时间	Date	20	byte
...
现状管线	起点号	String	20	byte
	终点号	String	20	byte
	管段编号	String	20	byte
	入库时间	Date	20	byte
...

历史管点数据则在现状管点数据的基础上再添加“历史时间”字段，记录其进入历史库的时间；历史管线数据亦然。表中省略号处为其他必须的属性字段信息。

2 更新方法

地下管网数据一般通过竣工测量或者普查的方式来获得。其中竣工测量的数据一般数据量较小、获取速度较快、动态性较强，如果此类数据只是简单的堆积而没有更新到现势库，势必造成数据的浪费和影响现势库的鲜活性。而普查的方式一般持续时间长，数据量大，投入的人力物力财力较多。本文对竣工测量的数据采取基于要素的更新方法，而对于大数据量的普查数据则采用基于范围的更新方法。

2.1 基于要素更新

要素指每个管点或每段管线，基于要素更新即对每个新的要素都

与旧的数据进行空间和属性的匹配，并进行相应的处理，具体的更新流程如图1所示。

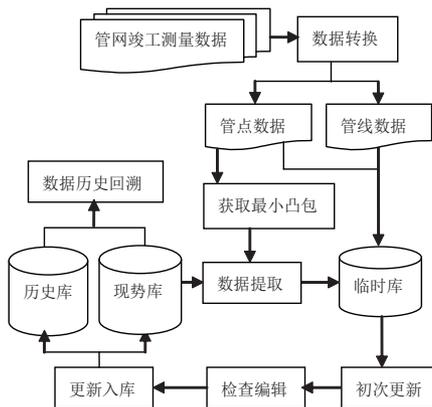


图1 基于要素更新的流程图
Fig.1 The flow of feature based updating

具体更新步骤如下：

1) 数据转换。由于通过外业探测、测量、采集属性所获得的数据一般以表格文字的形式存在，而没有形成空间图形数据，所以必须先把这些结构化的文字数据转化成空间矢量图形数据并记录相关属性，即转换成Geodatabase的矢量数据。

2) 获取新数据的最小凸包。有关最小凸包的算法较多，不但有串行和并行之分，同时亦有增点递推和删点递推之分^[8]。由于一次地下管网竣工测量的数据量较少，各种算法一般1s之内都能完成，本文主要采用简单的增点递推算法^[9]，算法如下：①找出点集中X坐标最小和最大的点 P_1 和 P_2 ；②建立点集的上凸壳(如图2所示)，找出向量 P_1P_2 左侧距直线 P_1P_2 最远的点 P_3 ，连接 P_1P_3 、 P_2P_3 以此类推建立上凸壳，如果向量 P_1P_2 左侧没有点则上凸壳由 P_1P_2 唯一确定；③依②的方法建立下凸壳，不同的是“左侧”应改为“右

侧”；④合并上下凸壳。其中，判断点在向量左侧的算法为^[10]：令一条边的两 endpoint P_0 、 P_1 ，方向为 $P_0 \rightarrow P_1$ ，判断 P_2 在该边的左边只需满足：

$$S(P_0, P_1, P_2) = (x_2 - x_0)(y_1 - y_0) - (y_2 - y_0)(x_1 - x_0) < 0 \quad (1)$$

式中： (x_0, y_0) 、 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 分别为 P_0 、 P_1 、 P_2 的坐标。若判断在右边只需 $S(P_0, P_1, P_2) > 0$ 。

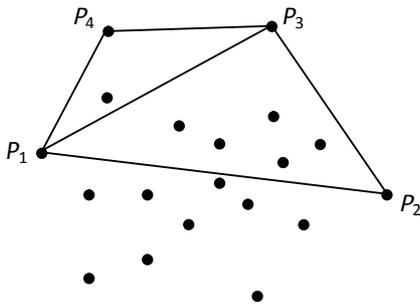


图2 建立点集上凸壳
Fig.2 A convex hull of points

3) 根据凸包提取数据到临时库。先建立临时的个人地理信息数据库（包括一个临时的现势库以及一个临时的历史库）；然后对最小凸包做缓冲处理；再用这个缓冲范围到现势库中去提取待更新的管网数据到临时库，新的管网数据也置于临时库中。

4) 初次更新。先进行管点数据更新，再进行管线数据更新；对新旧管点或管线进行空间和属性的冲突检测。对发生冲突的数据进行空间关系和属性匹配的处理，并把发生变化的待更新管网数据写入到临时历史库当中。具体流程如图3所示。

通过初次更新，把管网数据的新增、变更和废弃的事件，用算法流程来逐一处理掉，避免了过多的人工操作，提高了更新效率。

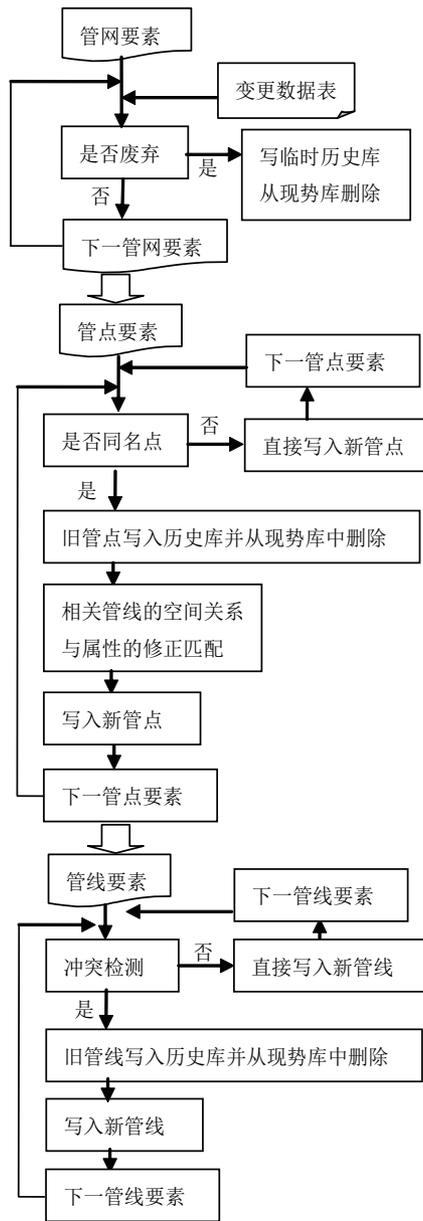


图3 基于要素更新的初次更新流程
Fig.3 The first updating flow of features based updating

5) 数据检查与编辑处理。管网数据在临时库中初次更新完成之后，需要对更新的结果进行检查分析，对于某些没有更新很完善的地方能够进行相应的编辑处理。

6) 数据入库。数据初次更新完成并经过检查修改之后，则可将临时库中的更新后的数据以及历史数据写入到地下管网现势库与历史库

中，实现方法是挖空与写入。

2.2 基于范围更新

基于范围的更新主要针对大数据量的地下管网普查数据，由于数据量较大，如果采用基于要素的方法逐个要素来更新的话势必会严重影响更新效率。分析大范围的普查数据，由于是全范围的完整的数据，所以主要考虑范围边界处要素的冲突检测处理即可，范围内部的数据通过挖空填入的方法就可解决。在这里不能通过数据直接生成的最小凸包来提取和挖空数据，因为会造成数据的误删，而必须预先提供准确的范围数据。其更新步骤与基于要素更新的类似，不同的地方主要有以下两点：①数据提取时用预先提供的更新范围而不是最小凸包。②初次更新，基于范围更新的方法在处理了废弃的管网数据后，用已确定的更新范围对待更新数据进行空间查询，把范围内的数据挖空并写入到临时历史库中；接着在待更新数据的更新范围内填入新的管网数据；最后对更新范围边界一定缓冲区域处的管网数据进行冲突检测与处理，方法与基于要素更新的一致。

2.3 数据历史回溯

由于在数据组织的时候已经充分考虑了数据的时态性，并在数据结构里面通过时间属性来进行标记，所以在建立地下管网数据的历史回溯机制时只要形成正确的筛选条件模型来充分利用这些时间属性即可达到目的。

本文实现的任意时间点数据回溯的筛选条件模型为： $(D_s, \text{入库时间} < T_a)$ and $(D_h, \text{历史时间} > T_a)$ and $D_h, \text{入}$

库时间 $\leq T_a$)。其中 D_s 为现状数据, D_h 为历史数据, T_a 为任意时间点。

回溯的过程为: ①确定回溯数据的类型和回溯的区域; ②根据筛选条件模型进行数据筛选; ③对筛选出来的数据进行展示。

3 试验与分析

根据本文的地下管网数据动态更新技术路线, 研发了地下管网数据动态更新系统, 该系统的数据库依上述的数据组织方法建立, 并采用C#+ArcgisEngine的模式进行开发。系统实现了数据转换、基于要素更新、基于范围更新、数据历史回溯、数据编辑、数据检查、符号化、数据联动对比等核心功能, 把本文的技术研究思想付诸实践。系统的相关界面如图4和图5所示。

常相似但又不是想要的的数据; 但是在初次更新完成之后可以通过系统提供的编辑工具对数据做进一步的修改以保证数据的正确性。

4 结束语

本文在对地下管网数据进行有效组织的基础上, 针对小数据量的竣工测量数据提出了基于要素的更新方法, 针对大数据量的普查数据提出了基于范围的更新方法, 并建立了数据的历史回溯机制; 在技术研究的基础上研发了地下管网数据动态更新系统, 通过实践验证本文的技术路线切实可行, 能够有效地保持地下管网数据的现势性和管理历史数据; 把相关的技术路线算法交与计算机自动执行, 减少了手工操作, 提高了效率。另一方面,

参考文献

- [1] 殷丽丽, 施苗苗, 张书亮. GIS时空数据模型在城市地下管线数据库中的应用[J]. 测绘科学, 2006, 31(5):151-152.
- [2] BRIAT M O, MONNOT J L, KRESSMANN T. Incremental Update of Cartographic Data in a Versioned Environment[C]. A Coruna: [s. n.], 2005.
- [3] 安晓亚, 李颖, 孙群, 等. 面向空间数据主动更新的地理事件模型研究[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2011, 47(3):491-498.
- [4] COOPER A K, PELEDA. Incremental Updating and Versioning[C]. Proceedings of 20th International Cartographic Conference. Beijing: Sinomap Press, 2001.
- [5] 周晓光, 陈军, 朱建军. 基于事件的时空数据库增量更新[J]. 中国图象图形学报, 2006, 11(10):1431-1438.
- [6] 张新长, 郭泰圣, 唐铁. 一种自适应的矢量数据增量更新方法研究[J]. 测绘学报, 2012, 41(4):613-619.
- [7] 杨伯钢, 张保钢. 城市地下管线时空数据的组织与操作[J]. 测绘通报, 2009(4):56-57.
- [8] 程三友, 李英杰. 一种新的最小凸包算法及其应用[J]. 地理与地理信息科学, 2009, 25(5):43-45.
- [9] 王杰臣. 二维空间数据最小凸包生成算法优化[J]. 测绘学报, 2002, 31(1):82-86.
- [10] 刘人午, 杨德宏, 李燕, 等. 一种改进的最小凸包生成算法[J]. 大地测量与地球动力学, 2011, 31(3):130-133.

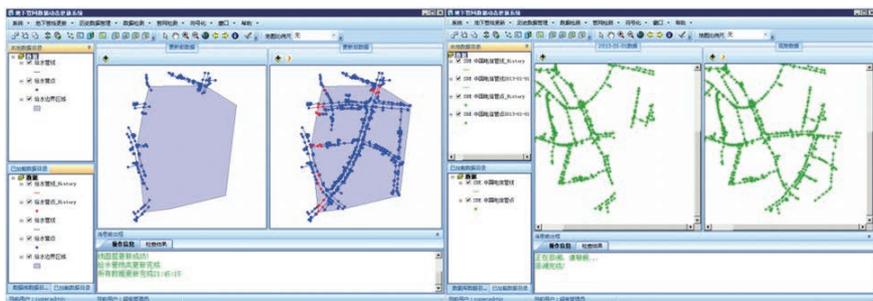


图4 数据更新前后对比图

Fig.4 A comparison of data between before and after updating

图5 数据回溯对比

Fig.5 A comparison of data traceback

通过本系统, 对数据进行转换、更新、回溯等处理, 基本上达到了预期的目标, 即对地下管网数据进行有效的更新入库并管理好历史数据。在管点管线非常密集的地方, 初次更新时偶尔会出现冲突处理错误, 那是因为在对数据进行缓冲分析查询时由于数据太密集而可能查到类型非

在地下管网数据采集的时候, 同一管点在不同时期可能使用不同的点号, 并且细分为各类直线点和特征点, 本文认为同一特征点不同时期的点号也是一致的, 而直线点则可以不一致也不可能一致。在这一方面可在本文的基础上再进行深入的研究。