

# 利用中间层技术实现 GIS 与水力模型的无缝连接

陈凌, 刘遂庆, 李树平

(同济大学 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

**摘要:** 针对在给水管网管理信息系统建设中水力模型和地理信息系统的结合问题,提出了基于 GIS 的利用数据挖掘和数据检查技术建立中间层,并以之作为水力模型数据来源的方法,从而避免了水力模型会继承 GIS 中的数据缺陷和数据错误等不足,同时实现了 GIS 与模型的无缝连接和同步更新。实际应用情况表明,通过中间层来建立和维护水力模型简单、可靠、高效;与传统方法相比,模型更新及时、维护费用低,且适用于多种 GIS 平台,通用性好。

**关键词:** 地理信息系统; 水力模型; 数据挖掘; 数据检查; 同步更新; 中间层; 无缝连接

中图分类号: TU991 文献标识码: C 文章编号: 1000-4602(2007)11-0074-04

## Seamless Integration of Hydraulic Model with GIS by Middle-layer Technology

CHEN Ling, LIU Sui-qing, LI Shu-ping

(State Key Lab of Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** Aimed at the combination of hydraulic model with geographic information system (GIS) in the construction of management information system for the water supply network, a method of using data mining and data checking technology based on GIS to create "a middle layer" serving as the data source of the hydraulic model was put forward. The middle-layer technology can prevent the hydraulic model from inheriting possible data incompleteness and error in the GIS, realize the seamless integration between GIS and the hydraulic model, and synchronously update. The practical application proves that the hydraulic model constructed and maintained by the middle-layer technology is simple, reliable and efficient. Compared with conventional technologies, the hydraulic model can be updated in time, is lower in maintenance cost, acceptable for more types of GIS platforms and universal in use.

**Key words:** GIS; hydraulic model; data mining; data checking; synchronous updating; middle-layer; seamless integration

目前,国内一些大中城市的供水管理部门都在建立基于 GIS 的给水管网管理信息系统<sup>[1]</sup>,其中管网水力模型的建立至关重要,它能够帮助管理部门全面掌握和分析管网运行的工况、辅助管网调度和设计、分析和控制管网水质。传统的水力模型建模

方法是专门为其开发一个接口读取 GIS 中的数据,或通过中间文件进行数据交换。该方法主要存在以下缺陷:①数据缺失和错误继承,这将会严重影响计算的精度。②无法同步更新数据,当模型运行一段时间后,现场监测值与模拟值之间的差值会超出允

许的精度范围,这可能导致原模型的废除和重新建模。

## 1 原 GIS 系统概况

某自来水公司(简称 S 公司)的总供水规模为  $298 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,直径  $>75 \text{ mm}$  的地下输配水管线总长度  $>3\ 000 \text{ km}$ ,服务人口约为 400 万人。在建立给水管网实时动态水力模型前,S 公司已经建立了基于 ArcInfo 平台的给水管网 GIS 系统,GIS 数据库采用 Oracle8.15。GIS 原始数据库中包含有约  $44 \times 10^4$  条管线,约  $43 \times 10^4$  个节点,约  $2 \times 10^4$  个阀门,132 台水泵和 20 多座水池。在对 GIS 原始数据库的调查中发现以下问题:

- ① 37.5% 的管线没有管径数据。
- ② 2 600 余条管线的管径标记错误。
- ③ 85% 的节点没有标高数据。
- ④ 约 23% 的水表没有对应到 GIS 中。

为了使建模工作与 GIS 完善工作同步进行,在开发 S 公司给水管网实时动态水力模型的过程中,采用建立“中间层”的办法,解决了给水管网 GIS 和水力模型之间的安全数据交换和数据同步更新问题,实现了给水管网 GIS 和水力模型之间的无缝连接。

## 2 中间层设计和说明

要实现数据的安全交换和同步更新,应考虑以下几点<sup>[2-4]</sup>:

① 水力模型对 GIS 数据的选择应根据需要和具体情况来确定,例如管网中大部分的阀门基本处于全开且平时不进行操作的状态,因此只有那些大型的、经常调度的阀门的启闭规律才是水力建模所必须考虑的。

② 在导入水力模型前,应对 GIS 中的错误数据进行修正,对缺失数据进行补充,遇到难以确定的情况应做出标记。

③ 拓扑结构对于水力模型的建立极为重要,由于该自来水公司在其 GIS 中设定了所有设备均是附属在管线和节点上的(水表、水泵、阀门是附属在管线上的设备,水池是附属在节点上的设备),因此主要应考虑节点和管线之间的拓扑关系。

④ 在管网简化的过程中保留 GIS 与模型对应的关系,对于同步更新来说非常重要。拟建给水管网模型只保留 DN300 以上的管线,但并非简单地将 DN300 以下的管线删除,而是记录下简化过程中的

“痕迹”。具体实现方法为:将附属在末端小直径管线上的用户水表上溯到相邻的上游大直径管线上,标记其上溯路径后删除小直径管线;如此将水表信息逐级上溯,直至上溯到 DN300 以上的管线为止。如果在水表逐级上溯的过程中遇到由 DN300 以下的管线组成的环,则会有两条以上的上溯路径,此时优先选择管径较大的管线上溯;如果管径皆相等,则任意选择一条上溯路径。该方法不但保证了用水节点的定位和节点流量的分配能与营业收费数据准确对应,而且也详细记录了管线递归上溯的路径,为管网更新保留了足够的信息。

### 2.1 新数据表的生成

数据库中会自动生成节点、管线、水泵、阀门、水池、水表等 6 个新的数据表。各表的数据均包括两部分:来源于 GIS 的数据和标签数据(见表 1)。

表 1 “中间层”数据结构

Tab.1 Data structure of “middle-layer”

类别	来源于 GIS 的数据	标签数据
节点	节点编号、节点横坐标、节点纵坐标、节点标高(0 m)	数据检查(0)、更新日期、更新标记(0)、上溯信息、建模信息(0)
管线	管线编号、开始节点、结束节点、管径(DN300)、管材(球墨铸铁管)、敷设日期(2000-01-01)	
水泵	水泵编号、附属管线编号、水泵型号、水泵静扬程(350 kPa)、阻力系数、额定扬程、额定转速(960 r/min)、额定流量、额定功率(280 kW)、投产日期(2000-01-01)	
阀门	阀门编号、附属管线编号、阀门型号、投产日期(2000-01-01)	
水池	水池编号、附属节点编号、水池面积( $2\ 000 \text{ m}^2$ )、水池高度(5 m)、池底标高(0 m)	
水表	水表编号、最初附属管线编号、最后附属节点编号	
注: 括号里的数字为缺省值。		

对标签数据的编码设计和说明如下:

① 数据检查。记录该数据的准确程度,默认值为 0。如果来源于 GIS 的数据是完整正确的,则该值为 0;如果原始数据错误或缺失,该值则改为 1。

② 更新日期。记录该节点数据最后更新的日期,默认值为初次生成中间层的日期。以后每次更新时如该节点数据有改变则记录改变时的日期,如无变动则不改。

③ 更新标记。记录更新时原中间层与新 GIS

进行数据比较后的结果,默认值为 0。对于新增加的数据该值设为 1,对于被删除的数据该值设为 2,对于属性有改变的数据该值设为 3,模型更新完毕后该值设回 0。

④ 上溯信息。记录水表上溯的路径。节点、水泵、阀门、水池、水表的数据表中无此行数据;对于 DN300 以上的管网,其管线表中此行数据为空;对于 DN300 以下的管网,其管线表中该行数据记录的是上溯路径中的后一个管线编号。

⑤ 建模信息。记录该数据是否参与建模。如果该行数据属于 DN300 以上管网的一部分,则该值为 1,表示“参与建模”;否则为 0。

### 2.2 数据检查

将水力建模所需的 GIS 数据分别存入 6 个数据表中,并自动记录更新日期。如果在输入的过程中发现数据缺失,则用缺省值代替;如果发现数据错误,例如管径错误(DN875)、管道埋设时间错误(200 年 5 月)等,前者用相邻管线的最大管径代替,后者用相邻的最新管道埋设时间代替,并将“数据检查”值改为 1。

### 2.3 拓扑分析

对节点和管线数据作拓扑分析,检查拓扑结构的完整性和正确性,并标记水表的上溯路径(即记录管线表中的“上溯信息”)。

### 2.4 数据挖掘

根据建模目标设定数据选择原则,对 GIS 中的数据进行选择(即将被选择数据的“建模信息”值改为 1),但不删除任何数据,便于以后与新 GIS 数据进行比较。

以上数据表和信息就是所谓的“中间层”,水力模型将直接读取处理过的中间层数据而不是 GIS 数据。这样不但保证了数据交换的安全性和高效性,而且由于中间层所记录的为简化信息,所以当 GIS 数据改变后,可以轻而易举地通过中间层和 GIS 的比较判断出水力模型需要改变的部分,自动进行水力模型的数据更新。

## 3 实例说明

图 1 是 S 公司给水管网 GIS 中的一部分。由图 1 可见,该部分管网共含有 7 根管线和 7 个节点,管线 6 和 7 上各有一个用户水表(即水表 8900 和 8901),节点 D 缺少高程数据,节点 A、B、C 和管线 1、2 属于 DN300 以上的管网。采用前述数据挖掘和

数据检查技术建立中间层,并根据中间层中“建模信息”为 1 的数据得到图 2 所示的水力模型。

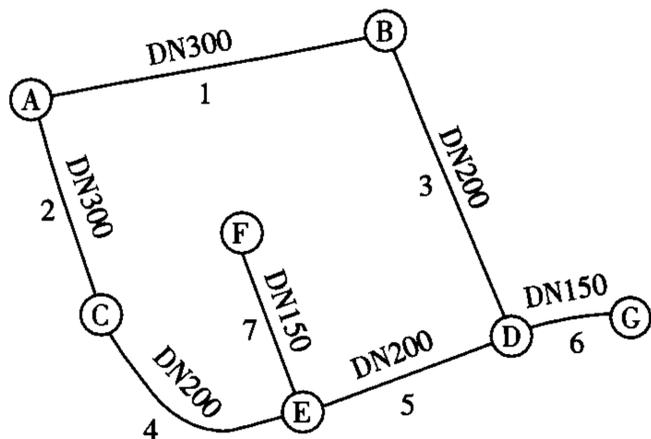


图 1 原 GIS 示意图

Fig. 1 Sketch map for old GIS

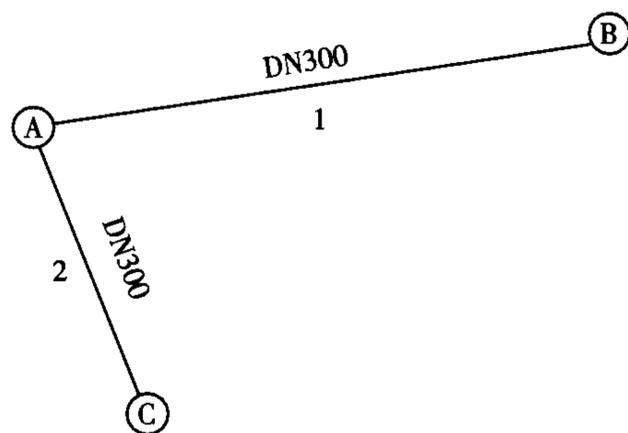


图 2 原模型示意图

Fig. 2 Sketch map for old model

图 3、4 为更新后的 GIS 和水力模型示意图。

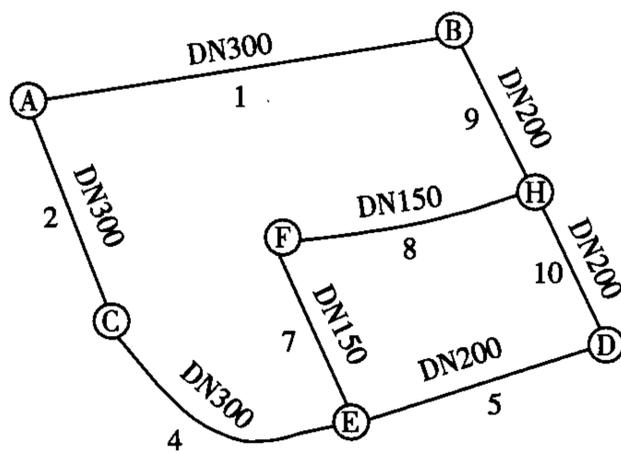


图 3 新 GIS 示意图

Fig. 3 Sketch map for new GIS

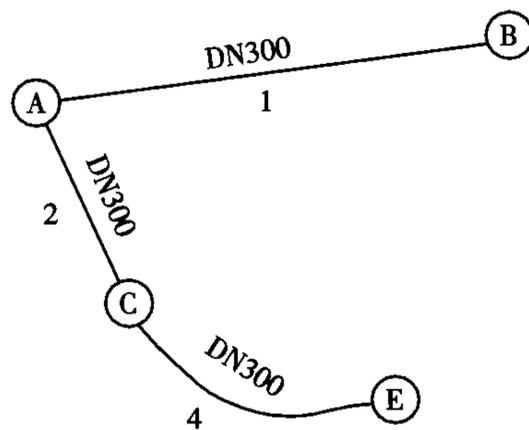


图 4 新模型示意图

Fig. 4 Sketch map for new model

与图 1 相比,图 3 中增加了节点 H,将管线 3 分为管线 9 和 10;增加了管线 8,删除了节点 G 和管线 6(故管线 6 上的水表也同时被删除);管线 4 的管径由 200 mm 变为 300 mm;节点 D 的高程由缺失改为 4.0 m;管线 5、8、10 上分别增加了一个水表(即水表 8902、8903、8904)。新中间层数据的变化包括了节点、管线、水表等 3 种水力元素及增加、删除、属性改变等 9 种基本变化(见表 2~4)。对新中间层中“更新标记”不为 0 的数据进行增加、删除和修改,即可完成管网水力模型的更新工作(见图 4)。更新完毕后,中间层中更新标记为 2 的数据将被删除,其余数据的更新信息全部归为 0。

表 2 新中间层节点编码

Tab.2 Node code of new middle-layer

序号	编号	X 坐标/m	Y 坐标/m	节点标高/m	数据检查	更新日期	更新标记	建模信息
A	3001	-10 998	203	4.0	0	2006-04-13	0	1
B	3002	-10 498	302	4.5	0	2006-04-13	0	1
C	3003	-10 920	-79	3.5	0	2006-04-13	0	1
D	3004	-10 308	-144	4.1	0	2006-04-14	3	0
E	3005	-10 610	-256	3.7	0	2006-04-13	0	1
F	3006	-10 685	-53	3.9	0	2006-04-13	0	0
G	3007	-10 276	-154	4.1	0	2006-04-13	2	0
H	3008	10 395	76	4.1	0	2006-04-14	1	0

表 3 新中间层管线编码

Tab.3 Pipeline code of new middle-layer

序号	编号	起始节点	结束节点	管径/mm	数据检查	更新日期	更新标记	上溯信息	建模信息
1	3501	3001	3002	300	0	2006-04-01	0		1
2	3502	3001	3003	300	0	2006-04-01	0		1
3	3503	3002	3004	200	0	2006-04-01	2		0
4	3504	3003	3005	300	0	2006-04-01	3		1
5	3505	3005	3004	200	0	2006-04-01	0		0
6	3506	3004	3007	150	0	2006-04-01	2	3503	0
7	3507	3005	3006	150	0	2006-04-01	0	3504	0
8	3508	3006	3008	150	0	2006-04-01	1		0
9	3509	3002	3008	150	0	2006-04-01	1		0
10	3510	3004	3008	150	0	2006-04-01	1	3509	0

注: 省略了管材、敷设日期两个数据。

表 4 新中间层水表编码

Tab.4 Water meter code of new middle-layer

编号	最初附属管线	最后附属节点	数据检查	更新日期	更新标记	建模信息
8900	3506	3002	0	2006-04-14	2	0
8901	3507	3005	0	2006-04-13	3	1
8902	3505	3005	0	2006-04-14	1	1
8903	3508	3002	0	2006-04-14	1	1
8904	3510	3002	0	2006-04-14	1	1

4 结论

- ① 在水力模型中建立中间层的思路适合于所有利用 GIS 建模的情况,具有通用性。
- ② 中间层的设置有利于对模型版本的控制及更新跟踪。GIS 的更新是即时的,而将 GIS 数据导入模型是批量、分次的,GIS 本身无法判断那些数据是上次数据交换后新输入的数据;对模型来说,为了保持较小的存贮空间和较快的运算速度,不宜将简化信息保留在模型中。中间层技术既可以解决这些问题也不会影响模型的计算速度。
- ③ 利用中间层来维护水力模型简单、可靠、高效。实际计算情况表明,对于 S 公司给水管网 GIS 中如此大规模的数据量,更新其中 10% 的数据,全过程不超过 20 min。

参考文献:

- [1] 田一梅,赵新华,黎荣. GIS 技术在供水系统中的应用与发展[J]. 中国给水排水,2000,16(9):21-23.
- [2] 许仕荣,邱振华. 给水管网的计算理论与电算应用[M]. 长沙:湖南大学出版社,1997.
- [3] 李黎武,许仕荣,施周,等. GIS 环境下动态生成给水管网水力模型的方法研究[J]. 给水排水,2003,29(12):92-95.
- [4] 陶陶,闫国年,张书亮. GIS 技术支持下的给水管网模型和网络分析[J]. 给水排水,2005,31(2):92-95.

电话:(021)65986870

E-mail:jackychenling@163.com

收稿日期:2006-12-17

依法治水,科学管水,强化节水