

述评与讨论

给水管网建模信息采集与数据处理

包 涵, 李树平, 刘遂庆

(同济大学 环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘 要: 在给水管网建模工作中,首先要进行信息采集,但是信息采集的过程会遇到数据格式不同、坐标系统不同、管网节点数过多等问题。为了解决这些问题,需要利用各种处理软件对采集的数据进行处理,并根据系统而采用合适的处理方法,以利于管网模型的快速建立。

关键词: 给水管网; 信息采集; 数据处理; 坐标转换

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2011)22-0011-04

Information Acquisition and Data Processing in Water Supply Network Modeling

BAO Han, LI Shu-ping, LIU Sui-qing

(School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Before water supply network modeling, the information acquisition should be performed. In the process of information acquisition, many problems arise, such as different data format, different coordinate system, too many nodes in network and so on. In order to solve these problems, various processing softwares are needed, and the processing method varies with the system to help quick establishment of a network model.

Key words: water supply network; information acquisition; data processing; coordinate conversion

给水管网信息收集是根据信息需求,从 CAD、GIS 等信息源体系中连续地选择、提取、搜索和集中信息的过程。给水管网信息收集是信息工作的起点。只有把管网信息及时完整地收集起来,才能进行信息的加工整理与综合分析。给水管网信息的质量直接关系到信息处理工作的质量,更关系到模型的质量。

1 给水管网信息源的种类及建模数据需求

对于给水管网来说,有许多种类的资源可以为建模工作提供数据,但这些资源的可用性在不同的管网之间存在着很大差异。给水管网的信息源种类

主要有三种:一种是图形资料,包括系统地图、地形图、竣工图、供水管网 CAD 图等;另一种是文档资料,主要是指水司存储在数据库中的各种数据;最后一种是图文结合式资料,主要包括 EPANET 可识别文件和 GIS 系统文件。

给水管网模型的功能主要是进行静态水力计算和动态水力分析,这些功能需要配合企业供水背景、管网拓扑结构数据、动静态水力数据等基本资料才可实现。这些资料包括管网、用户、节点、管道、水池、水库、水泵、阀门情况,以及平均日、最高日或特定日的水力数据和变化情况等。

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07421-006)

由上述可知,可用数据与需求数据之间存在着各种差异。为了进行建模,应利用各种方法将可用数据转化为需求数据。

2 给水管网数据格式转换方法

目前,国内信息化程度较高的水司管网都是以CAD形式、GIS形式或管网模型文件形式表现出来,其中前两种都要进行格式转换才能提取数据,一般都将其转换成管网模型文件,才可以进行下一步的数据处理工作。

2.1 将CAD图转化为管网模型文件

CAD图一般为竣工图或是GIS转换图,对于节点和管线的表达过于详细,有时还会出现管道连通性不明确等问题。如果要克服以上问题,则在建模前应先对CAD图进行预处理,然后再进行格式转化。

① CAD图预处理

将已知的CAD管线图作为底图,按图层用多段线进行描图,将管线重新定位后生成新的供水管网布置图。定位过程中应遵循以下原则:a.在管径变换处、管道交叉处、有支管连接处或管道长度过长时设置节点;b.删除原有图纸中的孤立节点和较短的孤立管段;c.管网中明显需要连接处设置管线连接符号。

② 利用软件将CAD图转化为管网模型文件

将CAD图转化为管网模型文件比较快捷的方法有两种:一种是利用三高一宏扬软件公司设计的HY_NetSimu软件,另一种是利用EPANET的设计者Rossman设计的dxf2epa软件。两种软件使用方便,都可设置连接精度、自动对管段和节点进行编号、分层导入等。

③ 在模型文件中添加要素属性

在软件转化后的文件中,只有管段和节点的拓扑连接关系和节点坐标等,而缺少管段的相关属性、水厂位置等,这些都需要手动输入。

参照转化前的CAD图,在管网模型中添加管段的各种属性,如标准管径、管道材料、供水方式、管道长度、粗糙系数等。再根据收集的水厂资料,将水厂、水池、水库、加压泵站等要素的信息输入到模型中,即完成了模型拓扑结构的建立。

2.2 将GIS转化为管网模型文件

将GIS转换为管网模型文件的常用方式也有两种:一种是导入到处理软件中再进行处理,另一种是

根据GIS数据库直接编写管网模型文件。

① Shape文件是GIS系统通用的交换文件。利用处理软件将模型导入到软件中,再将其转换为管网模型文件,则GIS中所有管段、节点等信息都被纳入所建模型中。模型中可能还存在一些要素属性缺失的情况,需手动输入。

② 当GIS数据库中同时存在节点和管线信息表,并且以Access格式或SQL Server数据库格式存储时,可以选择根据GIS数据库编写管网模型文件。首先要熟悉管网模型文件的书写格式,弄清文件中要素的表达方法;然后到GIS数据库中查找相应的表格与字段,并与管网模型文件中的所需数据一一对应;最后按管网模型文件格式将GIS数据库中的数据编写到管网模型文件中,编写后也要手工输入缺失的要素属性。

3 给水管网信息数据的处理

数据处理就是对采集的各种数据,按照不同的方式方法对数据形式进行编辑运算,清除数据冗余,弥补数据缺失,形成符合用户要求的数据文件格式。数据处理是实现空间数据有序化的必要过程,是检验数据质量的关键环节,是实现数据共享的关键步骤。

3.1 坐标转换

常用的坐标系主要分为两种:一种是地理坐标系,一种是平面坐标系。地理坐标系也可称为真实世界的坐标系,是用于确定地物在地球上位置的坐标系。最常用的地理坐标系是经纬度坐标系,这个坐标系可以确定地球上任何一点的位置。平面坐标系可量测水平X方向和竖直Y方向的距离,可进行长度、角度和面积的量测,可用不同的数学公式将地球球体表面投影到二维平面上,每一个平面坐标系都有一特定的地图投影方法。

① 建模中常遇到的坐标问题

一般来说,在进行建模时都会遇到坐标问题,主要有以下几个方面:a.分区建模后,要进行图幅拼接,但可能会出现每个区坐标系不同的情况,有的区采用的是经纬度坐标系,有的区采用的是当地坐标系,此时需要统一坐标系;b.如果在建模时采用的是经纬度坐标,而有些建模软件(如EPANET)中的坐标精度不够,就会出现节点重合、模型难以放大等问题。

当系统使用的数据取自不同地图投影的图幅

时,需要将取自不同地图投影的数字化坐标数据转换为系统规定投影的坐标数据,称为地图投影变换。地图投影变换一般分为三种:正解变换、反解变换和数值变换。由上述可知,建模中遇到的有关投影变换的问题主要是正解变换问题。

② 正解变换

正解变换就是通过建立资料地图的投影坐标数据到目标地图投影坐标数据的严密或近似的解析关系式,直接由资料地图投影坐标数据 (x, y) 转换为目标投影的直角坐标 (X, Y) 。两个不同投影平面场上的点可对应写成:

$$X = f_1(x, y) \quad (1)$$

$$Y = f_2(x, y) \quad (2)$$

式中 f_1, f_2 ——定域内单值、连续的函数

3.2 节点与折点转换

在由 GIS 或 CAD 转换生成的管网模型文件中,会存在许多无用的测点或拐点,这些点在 EPANET 中都以节点的形式表现出来。这些无用节点的存在对水力计算的结果影响不大,但并没有实际意义,且影响了模型图的表达,因此需要对无用节点进行处理。处理的目的是删除无用节点,且不改变管段的形状,将此点的上下游管段合并为一条管段,管长为两段的加和,即要把节点转化为折点。人工转换要手工计算管长,工作量较大。

将节点变为折点的方法除了人工转换之外,还可以利用三高一宏扬软件的“节点变折点”的功能,删除无用节点,此功能可自动计算管长,减少了工作量。但此方法仍需要人工判断某点是否要进行“节点变折点”,工作量大,且都为重复劳动,如果管网情况发生变化,则需要手动重新转换。

除此之外,还可以利用编程方法自动判断多余节点并进行简化,将无用节点变为折点。判断无用节点的原则如下:①上下游管段管径相同;②无节点需水量;③无支管。满足上述三个要求的节点即被判断为无用节点,要将此节点变为折点。

在节点变折点的过程中,会将几条短管变为一条长管,此长管的管段编号沿用简化前最长的短管编号;节点变为折点后,仍沿用原节点编号。

3.3 图幅拼接

分区建模时,在统一坐标系后就要进行图幅拼接。在相邻图幅的边缘部分,由于原图本身的误差或数字化输入的误差,使同一要素的坐标数据不能

相互衔接。因此必须进行图幅数据的边缘匹配处理,使相同要素的坐标数据相互衔接,同一要素的属性均相同。

① 如果相邻图幅的接缝并不是整齐的接缝,而是存在同一编号管段并不重合的情况,则需要做以下处理:首先删除共同管段,然后按原拓扑关系,在两图幅内原管段的起止节点间建立新管段,管段编号仍沿用原编号即可。其中新管段长度采用原长度。

② 如果相邻图幅的接缝是整齐的接缝,且划分在节点处,但接缝处的节点坐标并不相同,则要消除公共边界,即删除此点及与此点相关的管段,再将所删除管段的另一端节点相连即可。其中新管段长度采用原两管段的长度之和。

4 案例分析

以 SZ 市为例进行建模数据收集和处理过程的介绍。SZ 市有 4 家大型供水企业和部分区、镇级供水小型企业,它们各自有不同水平的供水系统。4 家大型供水企业(A、B、C、D)管理较好,供水系统完整。目前, SZ 市已基本实现区域供水。为了适应统一管理的需求,将 4 家水司的管网进行统一建模。

4.1 收集数据

在建模前,根据给水管网建模的数据需求收集了 4 家水司的各种数据,包括 CAD 图、水量数据、水压数据等。

根据收集到的资料可判断出, B 水司和 D 水司的信息化程度较高,已初步建立水力模型,提供的格式也是 EPANET 的可读格式,此时则只需要进行细节数据处理即可,比如节点变折点、坐标转换。而 A 水司和 C 水司提供的资料分别是 CAD 格式和 GIS 格式,首先需要格式转换才可以进行下一步的数据处理。

4.2 数据处理

① 格式转换

首先对 A 水司提供的 CAD 格式进行预处理,然后将预处理后的 CAD 图转换成 . dxf 格式,利用 dxf 2epa 软件,将原图分层导入或全部导入到已知或新建的 inp 文件中。设置 CAD 图纸中管道的连接精度为 0.1 个 CAD 单位,管道及节点自动编号。

其次从 C 水司提供的 GIS 数据库中提取节点信息和 DN300 以上的管线信息,根据这些信息编写管网模型文件,完成拓扑结构的建立,再将水量等其

他信息编写到文件中。

最后将 B 水司和 D 水司提供的模型简化为 DN300 以上的管网模型。至此,已初步完成 4 个水司 DN300 以上管网的建模工作。

② 节点变折点

B 水司模型和 D 水司模型存在无用节点过多的情况,需要进行节点与折点的转换。利用三高—宏扬公司的 HY_NetSimu 软件对多余的节点进行处理,以 D 水司为例,其转换前、后对比如图 1 所示。

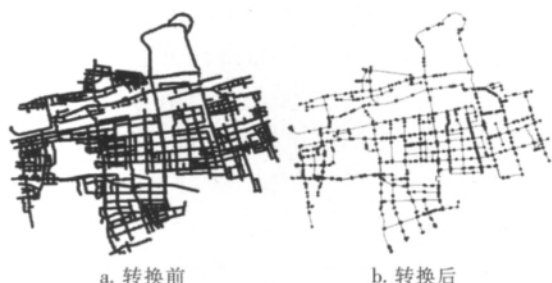


图 1 D 水司模型节点转化前、后对比

Fig. 1 Comparison before and after transformation of nodes in model for D water company

由图 1 可以看出,在对模型进行处理前,模型中节点过多,缩小后的管网图被节点覆盖,辨识度不高;而处理后节点数明显减少,模型表达清晰,达到了预期效果。

③ 坐标转换

在这四个模型中, A 水司、C 水司和 D 水司采用的都是 SZ 当地坐标系,只有 B 水司采用的是经纬度坐标系,因此要进行坐标转换。

首先选定一个基点,其经纬度坐标为 $baseE = 120.528\ 022$, $baseN = 31.279\ 318$ 。从测绘局得到 SZ 市坐标系下的坐标为 $baseX = 45\ 462.6$, $baseY = 40\ 858.411$ 。建立其地图投影关系,如果一个点的经度为 E 、纬度为 N ,则此点的 SZ 市平面坐标为:

$$X = (E - baseE) \cdot Ex + baseX \quad (3)$$

$$Y = (N - baseN) \cdot Ny + baseY \quad (4)$$

其中 $Ex = 95\ 225.001$, $Ny = 110\ 907.888\ 5$ 。

由上面各公式即可将 B 水司管网各节点及折点的经纬度坐标转化为 SZ 市坐标。这样 4 个区的坐标系就统一成了 SZ 市坐标系。

④ 模型拼接

将 4 个区的模型进行图幅拼接,然后再添加互通管线,即完成了 4 个区的总体模型,且添加 SZ 市

地图作为底图后,管网图与底图中的道路及河流契合度较高(见图 2),说明建模较成功,满足精度要求。



图 2 完整模型图

Fig. 2 Schematic diagram of integrated model

5 结论和建议

在管网建模的过程中,每个供水企业可提供的的数据格式与数据水平参差不齐。水司信息化程度不同,建模数据处理中碰到的问题也各异,这就需要针对具体情况解决不同的问题。

文中主要介绍了管网建模数据处理与转化中的几个问题的解决方法,比如拓扑结构的简化、管网节点折点转换、地理坐标拟合、图幅拼接等。对于每个问题都提供了多种解决办法,每种方法的适用性不同,需要根据实际情况确定。在处理问题的过程中,还有许多不足之处。在对数据进行充分处理与转化后,有待继续进行的工作如下:

① 由于建模过程中,许多企业提供的是 CAD 图,而 CAD 图的管道交叉处表达不明确,很容易造成误连、误判。这就需要熟悉水司的相关工作人员进行进一步的核查与校对。

② 模型建好后即可进行水力模拟,但模拟结果的可靠性无法得以证明,需要利用管网中各种设备的现场数据进行校核。

③ 为了以后建模的方便,可以形成一套管网建模数据收集标准作业程序(Standard Operation Procedure, SOP)以规范数据的收集过程。

参考文献:

- [1] 陶建科. 浅谈给水管网建模[J]. 城市公用事业, 2008, 22(2): 35-37.
- [2] Thomas M W, Donald V C, Dragan A S, et al. Advanced Water Distribution Modeling and Management [M]. Waterbury: Haestad, 2003.

E-mail: bb_see@126.com

收稿日期: 2011-04-06