

# 中山市供水管网水力模型的建立与校验

雷景峰<sup>1</sup>, 陈忠<sup>2</sup>, 梁卓其<sup>2</sup>, 刘遂庆<sup>3</sup>

(1. 上海三高计算机中心有限公司, 上海 200092; 2. 中山市供水有限公司, 广东 中山 528403; 3. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

**摘要:** 以中山市供水管网水力模型为例, 结合工程项目实践的经验, 系统地介绍了供水管网水力模型建立和校验的方法和流程, 包括目标设立、拓扑建立与简化、节点流量分配及模型的校验等, 为模型的广泛应用奠定了基础。

**关键词:** 供水管网; 水力模型; 校验

**中图分类号:** TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000 - 4602(2009)17 - 0049 - 03

## Setup and Calibration of Hydraulic Model for Water Distribution System in Zhongshan City

LEI Jing-feng<sup>1</sup>, CHEN Zhong<sup>2</sup>, LIANG Zhuo-qi<sup>2</sup>, LIU Sui-qing<sup>3</sup>

(1. Shanghai 3H Computer Co Ltd, Shanghai 200092, China; 2. Zhongshan Water Supply Co Ltd, Zhongshan 528403, China; 3. School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** Taking the hydraulic model for water distribution system in Zhongshan City for example, combined with the project practice and experience, the method and procedure for setup and calibration of hydraulic model for water distribution system are presented, including model objective, network topology, distribution of node flow and model calibration, which lays a foundation for widespread application of the model

**Key words:** water distribution system; hydraulic model; calibration

城市供水管网是城市基础设施的重要组成部分, 是城市地下管线中一个复杂而又庞大的网络系统。供水管网占整个给水系统投资的 60% ~ 80%, 而且还涉及每年庞大的能量消耗<sup>[1]</sup>。目前, 与供水管网的规划设计、运行现状评估、辅助调度决策、工程管理和维护等有关的工作越来越需要有先进的工具做技术支持, 于是建立准确的供水管网水力模型便成为供水行业信息化进程中迫切需要解决的问题。

笔者通过宏扬 NetSimu 2007 管网建模软件平台建立了中山市供水管网水力模型, 并通过多种手段和方法进行校验, 满足建模工程项目预期的精度, 旨在为模型的广泛应用奠定基础, 给用户带来更大

的效益。

### 1 中山市供水管网水力模型

#### 1.1 中山市供水管网概况

中山市供水有限公司(以下简称中山水司)成立于 1959 年, 供水人口约  $112 \times 10^4$  人, 供水能力为  $90 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 实际供水量  $> 70 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 供水面积约为  $1\,000 \text{ km}^2$ , 管线总长度: DN100 以上的约为 900 km, DN200 以上的为 800 km, DN300 以上的约为 250 km, 除城桂路设有中途加压泵站外, 其余管网均没有中途加压泵站, 有一座高位蓄水池。上海三高计算机中心有限公司与中山水司于 2008 年 3 月 10 日合作建立了中山市供水管网水力模型, 共包含 10 877 个节点、11 321 根管段, 其中最大管径为

2 000 mm、最小管径为 100 mm,模型总管线长度为 592.4 km。

建模目标是建立满足科学调度精度要求的供水管网水力模型,其主要作用是:对现状管网工况进行动态分析和评估;制定节假日、用水高峰等特殊时期的调度预案供调度人员参考,进一步提高管网的运行管理水平<sup>[2]</sup>;对规划设计和管网改扩建方案进行模拟评估,找出最优方案,实现科学分析、合理规划、经济建设;为调度决策系统生成合理、可靠、准确的调度方案提供科学依据。

### 1.2 管网模型拓扑建立与简化

中山市管网建模工程采用 GIS 系统的 SHP 文件数据作为初始数据导入模型。从 GIS 系统转到模型的数据组成见表 1。

表 1 GIS 中导出的模型数据

Tab 1 Model data derived from GIS

项 目	内 容
管道	管道编号、标准管径、管道长度、 管道埋深、水力坡度
	管道材料、敷设日期
	维修记录、用户情况
	道路名称及路两侧主要建筑物的名称、附属设施
阀门	阀门编号、名称、详细地理位置、型号、 阻力系数、是否开启、阀门开启度、维修记录
水表	水表编号、名称、详细地理位置、读数、 维修记录、调表记录、用户资料
消火栓	消火栓编号、名称、详细地理位置、型号、维修记录

从中山管网 GIS 系统的 SHP 文件中提取相应节点、管道信息,通过模型软件的数据导入接口生成初步的管网模型拓扑结构,对模型中的管线和节点进行统计,共有节点 24 539 个、管段 24 867 根。

从 GIS 导入的管网模型还需进行拓扑检查和简化,并要满足下列原则:宏观等效原则,即对管网某些局部简化以后,要保持其功能、各元素之间的关系不变;微误差原则,即将管网简化带来的误差控制在允许范围内,一般要满足工程上的目标要求。

按照上述原则对管网模型进行拓扑检查和简化,划分了 370 个用水区块,添加水厂二级泵站、管网属性信息、在线和临时测点以及更新的管线等,此时的管段数为 11 325,节点数为 10 892。

### 1.3 管网模型节点流量的分配

节点流量分配是供水系统管网模型开始计算的

必要条件,是模型运行的基础,节点流量分配的准确度严重影响到模型计算结果的准确度。中山水司已建立营业收费系统和 GIS 系统,并针对部分大用户趸售水表建立了较为准确的坐标对应关系,为节点流量的准确分配和计算提供了良好的数据来源。

模型中的大用户和趸售水表共 467 个,由甲方提供其 GIS 坐标,导入模型后为独立计量大用户节点,水表与模型节点是一一对应的。把 33 个在线水表的数据过滤处理后直接导入模型计算,这一部分水量占校验日用水量的 40%;对于非在线的大用户趸售水表数据,采用基本流量乘以用水模式的方法来计算节点流量,这一部分水量占校验日用水量的 35%;对于普通水表用户,则采用用水区块分流量的方法计算,这一部分水量占校验日用水量的 14%;剩余的未计量水量采用沿线比分流量方法计算,这一部分水量占校验日用水量的 11%。

## 2 管网模型的校验

在建模工程实践中,往往先把供水管网水力模型分成泵站模型(水厂二级泵站、加压泵站)和管网模型(不含泵站)两部分分别进行校验,然后再把校验准确的模型合并成完整的供水管网水力模型,最后再进行整体校验,以满足工程精度的要求。模型校验的具体流程见文献[3]。

中山市供水管网水力模型经校验后,对 68 个有效压力校验点进行了误差汇总统计,结果如表 2 所示。

表 2 压力校验误差汇总

Tab 2 Statistics of pressure check errors

校验误差	百分比 / %
平均误差 < 9.8 kPa	26.47
9.8 kPa < 平均误差 < 14.7 kPa	25
14.7 kPa < 平均误差 < 19.6 kPa	38.24
19.6 kPa < 平均误差 < 29.4 kPa	10.29
总计	100

在中山供水系统中,校验流量计为水厂二级泵房出水管上安装的流量计,流量校验误差(模型平均流量 - 实际平均流量 | 模型平均流量 × 100%)的汇总见表 3。

校验结果表明,管网计算结果与实际运行工况基本吻合,达到了预期的模型试运行目标,为管网现状评估、改扩建优化等应用课题的研究奠定了基础。

(下转第 53 页)

将无级的浊度信号直接转换成混凝剂参考投加量进行控制必然会导致混凝剂投加计量泵的电动头活动频繁从而降低其寿命,故需把源水浊度划分成以 15 NTU 为单位的区间浊度,形成区间控制。

在实际控制中,混凝剂实时投加量与区间参考投加量是每分钟比较一次,当实时投加量小于区间参考投加量时,PLC 会控制投加计量泵的电动头或在伺服马达控制器上调整时间  $t$  ( $t$  值通过总结电机转速的调节特性得出),从而增大矾机冲程摆幅来增加混凝剂实时投加量,接下来继续进行下一分钟的比较,直到实时投加量处于参考投加量的范围内为止,当实时投加量超出参考投加量的范围时则反之。

在中控室的监控计算机上增加远程手动/自动切换冲程调节的按钮,并增设软件键盘,可以在手动/自动状态时输入投药量数值。

设置混凝剂的最低投加限值,设定报警程序。

#### 4 结论

通过实时采集源水浊度,并结合源水浊度与混凝剂投加量的关系式,编写了 PLC 控制程序来控制混凝剂投加计量泵的冲程,缩短了以往复合环药剂投加控制中的滞后时间,较好地解决了不同季节、不同源水浊度下混凝剂优化投加的问题。

混凝剂投加是水厂生产的重要环节,不但影响出厂水的水质,而且关系到生产成本的控制,不断总结其应用实践、认真进行探索研究,对混凝剂的优化投加有很大的帮助。

#### 参考文献:

- [1] 詹咏,徐国勋,吴文权,等. 最佳混凝条件下混凝剂投加数学模型 [J]. 中国给水排水, 2004, 20(1): 55 - 57.

电话: (0757) 82201535

E - mail: zouzhenyuzzy@126. com

收稿日期: 2009 - 02 - 13

(上接第 50 页)

表 3 流量校验误差汇总

Tab 3 Statistics of flow check errors

项 目	模型平均流量 / (L · s <sup>-1</sup> )	实际平均流量 / (L · s <sup>-1</sup> )	流量校验误差 / %	占总流量的百分比 / %
大丰出厂	3 673. 5	3 598. 2	2. 05	44. 79
全禄北	1 496. 6	1 481. 5	1. 01	18. 25
全禄南 1	1 293. 4	1 345. 6	4. 02	15. 77
全禄南 2	1 631. 0	1 649. 8	1. 15	19. 88

注: 系统的总平均流量(含高位蓄水池)为 8 202. 3 L/s

#### 3 结论

中山市供水管网建模的实践证明:对用户需求进行分析,结合用户基础资料的完备现状,提出合理化的建模精度要求和应用目标,在一定项目周期内建设较高精度的管网模型是可行的。通过建模项目能帮助供水企业有针对性地对现有系统和数据资料进行完善。

管网模型是基于一定时间范围内的管网数据建

立的,能在一定时间范围内反映管网的真实情况。优良的管理工作对成功运行和维护管网模型非常重要,因此建议供水企业建立长效机制,从组织、人才、机制、制度等多方面进行有效的管理,来确保管网模型长久的生命力。

#### 参考文献:

- [1] 雷景峰,王煜明,蒋怀德. 供水管网水力模型在管网现状分析及改扩建中的应用 [J]. 水工业市场, 2008, (8): 64 - 68.
- [2] 雷景峰,王煜明,蒋怀德. 管网水力模型在供水高峰调度中的应用 [J]. 水工业市场, 2008, (9): 62 - 66.
- [3] 袁一星,张杰,赵洪宾,等. 城市给水管网系统模型的校核 [J]. 中国给水排水, 2005, 21(12): 44 - 46.

电话: (021) 55570715 13916863762

E - mail: leijingfeng@shanghai3h. com

收稿日期: 2009 - 03 - 14