

城市给水管网系统模型的校核

袁一星^{1,2}, 张杰¹, 赵洪宾², 周建华², 曲世琳³

(1. 北京工业大学 环境与能源工程学院, 北京 100022; 2 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 3 北京科技大学 土木与环境工程学院, 北京 100083)

摘要: 对给水管网系统模型进行校核可提高其可信性和实用性,为此给出了模型校核的整体思路,在分析影响因素的基础上,提出了通过调整节点流量和海曾—威廉 C 值来减少变量个数的方案。算例表明该方法可行的。

关键词: 给水管网; 模型校核; 预校核; 精确校核

中图分类号: TU991.2 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000 - 4602(2005)12 - 0044 - 03

Calibration of Urban Water Distribution Network Model

YUAN Yi-xing^{1,2}, ZHANG Jie¹, ZHAO Hong-bin²,
ZHOU Jian-hua², QU Shi-lin³

(1. School of Environmental and Energy Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China; 2 School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 3 School of Civil and Environmental Engineering, Beijing University of Science and Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: Calibration of water distribution network model can improve its credibility and practicality, therefore a whole idea on the model calibration is presented. A scheme in which number of variables is reduced by adjusting node flow and C value of Hazen - Williams formula is proposed based on the analysis of affecting factors. This approach is proved to be feasible by means of case calculation.

Key words: water distribution network; model calibration; pre-calibration; precise calibration

给水管网系统模型与实际的管网运行工况往往不吻合,管网衍生状态量(管段流量、节点水压)的模拟值与监测值也往往不一致,为能仿真实际给水管网系统的工况,必须对其进行校核。

1 影响模型精度的因素

一般情况下,给水管网系统模型仿真计算结果与现场实测结果不相吻合,节点压力和管段流量的计算值与监测值之间总存在一定的差异。导致出现偏差的原因包括:基础数据的准确性。给水管网

系统模型计算过程涉及庞大的数据量,需建立以基础数据为核心的数据库,但该数据库难以保证所有数据都与实际情况相一致。管网拓扑图形的完善程度。城市给水管网模型不可能包含实际管网中的每一条管线,一般对某些管径小且水力条件影响也小的管段舍去。水泵的流量—扬程曲线。水泵的长期运转会导致叶片磨损,使得实际的水泵特性曲线与理论曲线不吻合。管网操作条件存在一些不确定因素(如阀门的开启度等)。节点流量是为

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50178023)

水力模拟计算而设置的一个虚拟量,且具有显著的随机性。海曾—威廉公式 C 值的不确定性。量测设备存在误差。

2 模型校核技术流程

针对影响模型精度的因素,提出了如下的模型校核总体思路:进行水力模拟计算,比较监测点的监测值与模型计算值,如不一致则找出存在差异的原因,完善、修正模型或调整模型参数,反复上述过程直到计算值与监测值的误差在允许的范围之内。校核过程可分为预校核和精确校核。预校核是指当模拟量与监测量之间差异过大时,核实基础资料的准确性;精确校核是指当计算结果与监测数据相差不大时,微调模型参数(如节点流量和 C 值),减小模拟值和监测值之间的差异。技术流程见图 1。

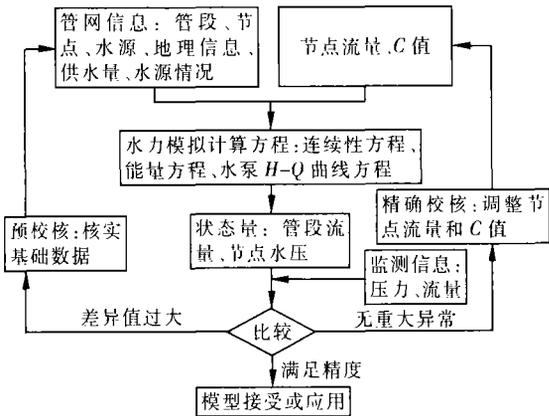


图 1 模型校核技术流程

Fig 1 Flow chart of model calibration

模型校核是一个完善模型、调整参数、反复计算的过程,必须满足能量方程和连续性方程。

2.1 预校核

核实压力、流量监测点数据的准确性;

分析模拟计算结果,检查管网基础数据或拓扑结构的准确性;

调整水泵 $H-Q$ 特性曲线,使出厂水压力和流量与监测值的偏差在误差范围内;

分析模拟计算结果,补充水力条件重要的小口径管段,完善管网拓扑结构;

调整部分阀门的开启度,改变管网的水力条件。

经预校核后,模拟计算结果与监测值仍会有一定差异,但不会太大,可在此基础上进行模型精确校核。

2.2 精确校核

在精确校核中,需调整节点流量和海曾—威廉 C 值。传统的模型校核大多只调整海曾—威廉 C 值或节点流量,在为数极少的两个参数同时调整中,也没有考虑各时段负荷的不同^[1-3]。单负荷的节点流量调整是没有任何意义的,因为不同负荷下的节点流量是不一样的。为减少管网模型校核时的变量个数,并考虑各时段负荷的不同,以节点水压和管段流量的相对误差平方和最小为目标来调整节点流量和阻力系数。

目标函数:

$$\text{Min} J = \sum_{i=1}^L [w_{1i} \sum_{i=1}^{nn} w_{H_i} \left(\frac{H_{ii} - H_{ii}^0}{H_{ii}^0} \right)^2 + w_{2i} \sum_{i=1}^{mm} w_{Q_i} \left(\frac{Q_{ii} - Q_{ii}^0}{Q_{ii}^0} \right)^2] \quad (1)$$

式中 H_{ii} 、 H_{ii}^0 ——分别为第 t 时段第 i 个测压点的压力模拟值和测量值

Q_{ii} 、 Q_{ii}^0 ——分别为第 t 时段第 i 个测流点的管段流量模拟值和测量值

w_1 、 w_2 ——分别为反映压力、流量重要性的权系数

w_{H_i} 、 w_{Q_i} ——分别为反映第 i 个测压点及流量监测点重要性的权系数

nn 、 mm ——分别为压力及流量监测点数

L ——需校核的时段数

约束条件:

$$F(q_i, r_i, H_{ij}, Q_{ij}) = 0 \quad (2)$$

$$r_i = 0.27853 C_{ij} D_{ij}^{2.63} / L_{ij}^{0.54} \quad (3)$$

$$q_i - Q_{\text{总}} = 0 \quad (4)$$

式中 q_i ——第 i 个节点的流量测定值

r_i ——连接节点 i 和节点 j 的关联系数

C_{ij} ——连接节点 i 和 j 管道的海曾—威廉系数

D_{ij} ——连接节点 i 和 j 管道的管径

L_{ij} ——连接节点 i 和 j 管道的长度

H_{ij} ——连接节点 i 和 j 管道的水头损失

Q_{ij} ——连接节点 i 和 j 管道的流量

$Q_{\text{总}}$ ——校核时总流量

q_i ——管网节点流量总和

3 模型校核实例

某市给水管网系统的模型数据库采用 DN300 以上管线,为提高模型的准确性,以水力计算为依据

适当添加了部分对管网水力条件影响较大的 DN300 以下管线。数据库包括 3 615 个节点、4 731 个管段、3 个水源。结果见图 2、3 和表 1。

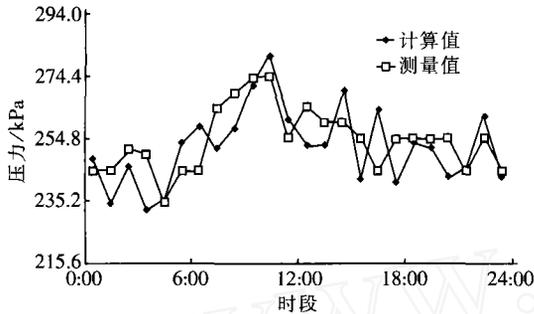


图 2 某监测点压力计算值与监测值的比较

Fig 2 Comparison between calculated value and monitoring value of pressure at a monitoring point

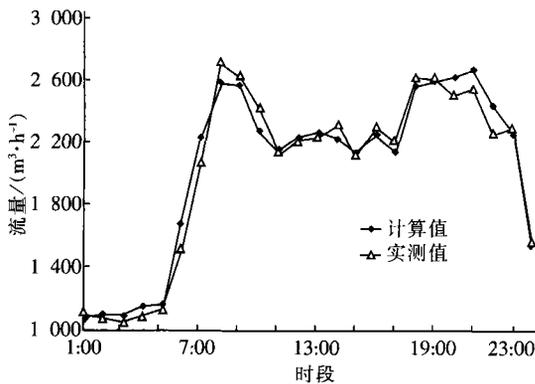


图 3 流量计算值与监测值的比较

Fig 3 Comparison between calculated value and monitoring value of flowrate

表 1 水量计算值与测定值的比较

Tab 1 Comparison between calculated value and measured value of water quantity %

计算值与测量值的差	<1% Q _T	<2% Q _T	<6% Q _T
水厂一	41.7	79.2	100
水厂二	37.5	75.0	100
水厂三	45.8	83.3	100

由图 2、3 及表 1 可知,经校核后模型计算值与实测值接近,满足精度要求。

4 结论

模型校核是水管网建模中最关键的一环,它不但决定了模拟结果的准确程度,也直接决定着模型的可信性和实用性。以节点水压和管段流量的相对误差平方和最小为目标来调整节点流量和阻力系数,不但提高了预测精度,而且更简洁。

参考文献:

- [1] Hantush M M, Sridharan K. Parameter estimation in water - distribution systems by least squares [J]. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 1994, 120 (4): 156 - 163.
- [2] 陶建科. 建立水管网动态模型中的水量分析方法 [J]. 给水排水, 1998, 24 (1): 36 - 40.
- [3] 张洪国,袁一星,赵洪宾. 水管网动态模型中管道阻力系数的组合灰色推定方法 [J]. 哈尔滨建筑大学学报, 1998, 31 (5): 45 - 50.

E - mail: q shilin@163.com

收稿日期: 2005 - 05 - 20

· 科技论文的写作 (一) ·

对论文标题、作者和作者单位的写作要求

论文标题 (Article Title)。科技论文出版之后,最多被人看到的是论文的标题。在期刊目录上,在互联网上,看到论文标题的人可能会比最终看全文的人要多千万倍。因此,论文标题能否把大批潜在读者吸引住,对提高论文的影响力至关重要。选择标题的要领在于用最少的词把最核心的内容表述出来。

作者和作者单位 (Author Affiliation)。论文的署名表明作者享有著作权且文责自负,同时作为文献资料,也便于日后他人索引和查阅。论文署名还便于作者与同行或读者的研讨与联系,因此有必要提供作者的身份 (特殊情况除外)、工作单位和通讯地址,但标注时应准确、简洁。

(摘自《英语科技论文写作与发表》
钟似璇 主编)