

# 供水管网分区数学模拟

周玉文\*, 汪明明, 刁克功, 谢善斌, 张新

北京工业大学建筑工程学院, 北京, 100022

**摘要** 供水管网分区域管理是管网管理和优化调度的有效策略之一。为预测分区改造对供水管网的影响, 需要利用模拟模型对改造前后的管网进行模拟和分析。为此, 建立了水力模型。为评估模型的性能, 将模拟结果与丹麦水力研究所 (DHI) MIKE NET 的模拟结果进行比较。比较显示, 模型得出的结果与 MIKE NET 的相同, 验证了模型计算结果的可靠性。

**关键词** 供水管网; 规划; 分区; 模型; 模拟

## Mathematical modeling for zoning planning of water distribution network

Yuwen Zhou, Mingming Wang, Kegong Diao, Shanbin Xie, Xin Zhang

College of Architecture and Civil Engineering, Beijing University of Technology, Beijing, 100022, China

### Abstract

The zoning planning is an effective strategy to perform management and optimization of water distribution network. The rehabilitation of zoning requires simulation models to anticipate the effects on the system resulting from rehabilitation of zoning. To compute these predictions, a hydraulic model was developed. The performance of the model is evaluated by comparison with the DHI MIKE NET model results. This comparison shows that the model gives results same to those of the MIKE NET model.

*Keywords:* Water distribution network; Planning; Zoning; Model; Simulation

### 1. 简介

供水管网是城市重要的基础设施, 是城市的生命线。随着人口数量的持续增加和城市面积的不断扩大, 供水管网的规模也越来越庞大, 构造更加复杂, 导致管网的管理和优化调度实现起来非常困难。

近年来, 探索科学的供水管网管理模式, 正逐渐成为我国水行业工作者普遍关注的焦点。以往落后的以经验管理为主的模式已经不能够解决管网中的问题。因此, 许多自来水公司已纷纷建立了比较详细的供水管网信息系统。这就为进行管网分区管理规划打下了坚实的基础。而管网分区正是解决我国大城市管网漏失严重, 爆管事故多发等问题的最有效手段。

所谓分区管理, 是将现有的供水管网按照一定原则, 分为若干个相对独立的子区域, 实现各区域用水量的单独计量。通过供水管网的区域化, 可以简化管网结构, 使管网的层次更加清晰, 管网压力更加均衡、减少漏耗和“水龄”, 尤其是缩小供水产销差, 相当于挖掘新的水源, 使得供水管网系统的管理逐步走向科学化, 这对缺水城市来说非常重要。

---

\*作者简介: 周玉文, 教授, 博士生导师。Tel.: +86 10 6739 6555.  
E-mail: zhouyw68@bjut.edu.cn

欧美国家在供水管网分区方面的研究远早于我国,现已针对供水管网漏失控制出版了专业手册,其中就有很大的篇幅涉及分区管理的原理、规划思想及实例<sup>[3][4]</sup>。在我国,相关文献和实际运行经验都极其匮乏。另外,由于我国的国情和管网的独特性,很难照搬国外的经验。

管网分区改造,在发挥其有利作用的同时,还很有可能会给管网运行造成一定程度的负面影响。为了发现分区后管网未来可能会出现的问题,并预先采取相应的解决措施,避免不必要的损失,在管网分区改造实施前,需要水力计算模型对分区后管网的运行状况进行预测与分析。

本文针对上述需要,自行开发了一套与地理信息平台相兼容的供水管网建模软件 NetGIS。为了保证模型计算结果的准确性和可靠性,将模型的模拟结果与目前国际上比较有影响的供水管网建模软件丹麦水力研究所的 MIKE NET 的模拟结果进行了比较。

## 2. 供水管网分区数学模拟

管网分区规划,应借助管网建模软件,建立管网的水力计算模型,并利用模型对分区后管网的运行状况进行预测与分析,发现未来可能会出现的问题,从而预先采取相应的解决措施,避免不必要的损失。

## 3. 建模软件开发

一个好的建模软件平台,是完成管网分区数学模拟工作的先决条件。

当前,整个世界正向着信息化、数字化方向发展。在水行业领域,出现了“数字化管网系统”。必须有相应的软件能够与此类系统相兼容,特别是针对耗时繁琐的管网建模。这就决定了,今后管网建模软件的发展方向,即全面与地理信息系统(数字化系统的典范)兼容。

一方面,可以更高效的利用供水管网地理信息管理系统中的数据;另一方面,研究的最终分析成果也可以直接输入到该系统中,而无需复杂的数据转换,更有助于决策者今后对其进行处理与分析;更重要的是,通过此种方式构建软件,不仅高效,因为它可以直接调用一些地理信息平台中已有的功能,而且可以使最终的建模软件兼具水力分析软件与地理信息平台的强大功能;在进行建模工作时,更是可以直接利用地理信息平台下的管网数据库,直接建立完整的模型,这也有利于维护数据的完整性<sup>[5]</sup>。

在本研究中,建模软件的构建是通过地理信息平台进行二次开发,将水力计算引擎整合到地理信息平台,使二者能够实现数据的交互。借助此种方法,该软件不仅可以对管网模型进行水力分析,而且可以利用地理信息平台强大的数据分析功能,对模型数据进行更细致,更多样的统计、查询、修改、格式转换等操作。

在开发中,采用了美国环保署的EPANET软件中的经典计算引擎<sup>[6][7]</sup>。目前,它在世界范围内仍然是公认的最好引擎之一。

## 4. 实例应用

### 4.1 研究地区管网分区规划

本文中管网分区规划针对的是某市的城区与近郊区,该地区的地势在整体上趋于平缓,只是西部局部地区高差较大,约达 20 米左右,常住人口总数约 880 万人,日供水量约 190 万立方米。

以国内外分区管理经验为参考,针对该城市供水管网的特点,依次按照区域计量分区原则,管理分区原则,压力分区原则进行供水管网分区规划设计。

依据分区规划思想,首先,需对该地区的管网进行区域计量分区的划分。由于这座城市

已经具备了比较完善的供水管网管理地理信息系统，因此，此次的分区规划设计完全在该平台上进行，这样即可直接利用该系统具备的大量信息来指导规划设计，又可以将工作成果直接反映在地理信息系统中，避免复杂的数据输入输出工作。最终，此地区管网共被分为了750个计量区域（图1）。

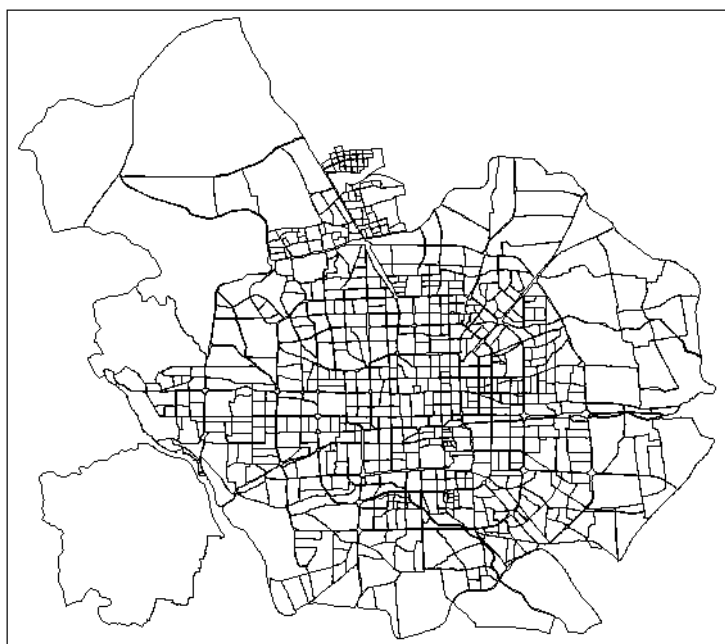


图1 区域计量分区示意图

其次，进行管理分区规划。经分析，对于该地区而言，行政区边界线更适合成为管理分区的分界线。但由于某些地带的行政区边界线比较复杂，若严格按照其进行管网改造，不仅改造难度很大，工程量也会相应增加。通过权衡利弊，最终确定此方案的设计思想为：在尽量依附于行政区边界线的前提下，着重以现有的主干道和河流等明显边界作为区域的分界线，从而既达到边界线易于识别、又能够简化改造难度的目的。

最后，进行压力分区规划。虽然该地区总体上地势坡度比较平缓，但也存在局部高差较大的地区，造成管网中部分区域水压偏低。因此，依据压力分区的原则，将其分离，作为独立的压力控制区域，即图2中的阴影区域。

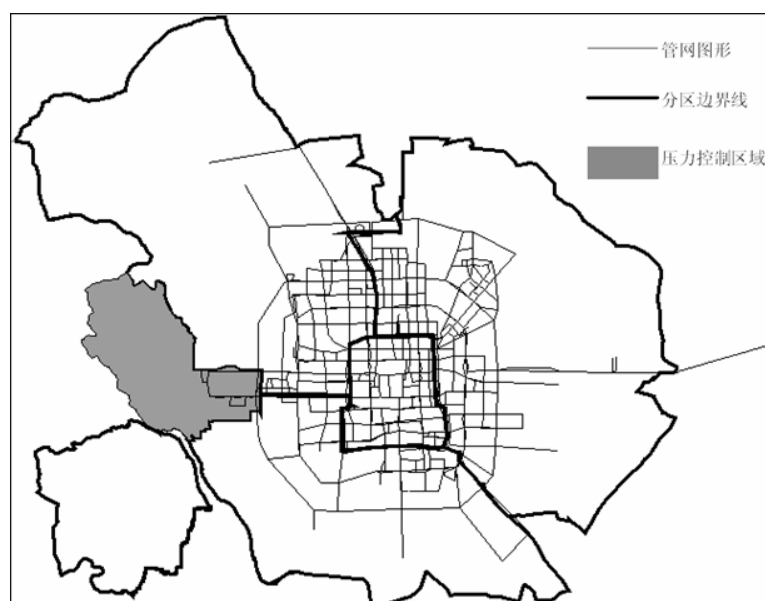


图 2 压力分区结果示意图

#### 4.2 管网分区规划的水力模拟

要找到相对合理的分区方案很困难，必须借助水力模型对方案进行分析和评估。针对上述需要，采用自行开发的一套与地理信息平台相兼容的供水管网建模软件 NetGIS。

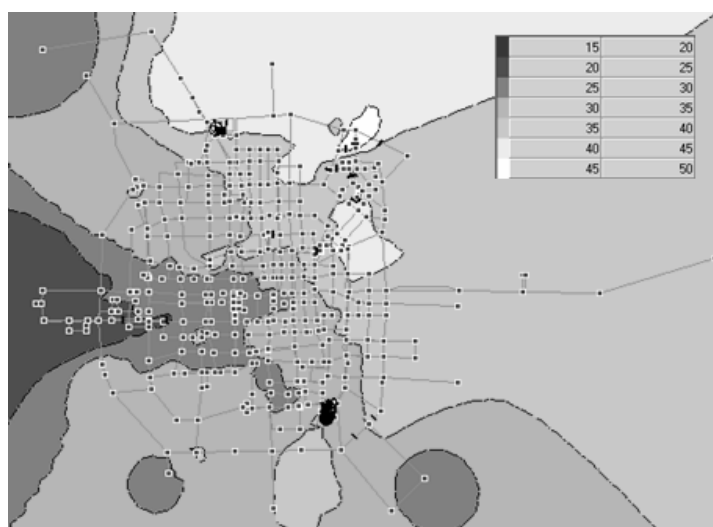
应用于本研究的管网模型，校核依据为当时高峰日管网工作状态。共设置了 60 至 70 个测压点。模型中只保留了管径在 300 以上的主干管，且对很多管道的交接点都进行了合并，对于本研究而言，由于不用进行水质分析，只是通过模型预测分区规划产生的结果，属于趋势性分析，故只需对现有管网按照实际情况进行必要的修正与更新，并进行模型校核工作即可满足需要。

本课题属于规划研究范畴，因此采用静态模拟对管网模型进行分析。采用构建的水力模型对供水管网进行了计算，并与监测点的实测值进行比较和校核。最终，模型校核结果满足了用于规划设计模型的要求，只是在模型的局部区域准确性欠佳，但不会对预测分区后管网的状态产生根本的影响。

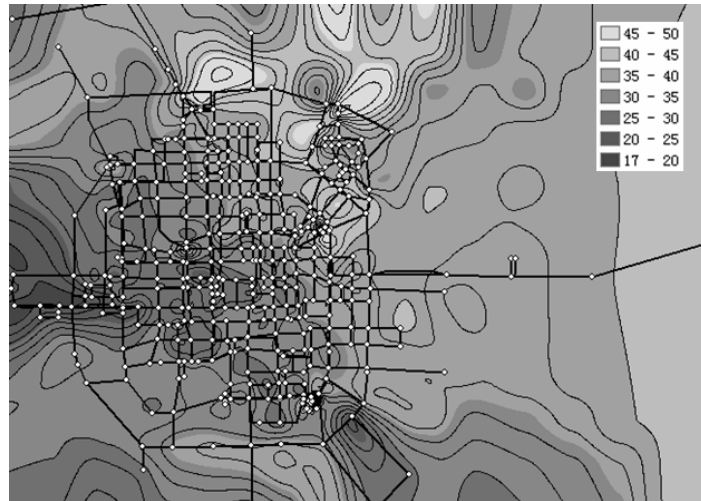
为了保证计算结果的可靠性，使用目前国际上比较有影响的供水管网建模软件丹麦水力研究所的 MIKE NET 对其进行了验证，并分别绘制出了管网服务水压分布图（图 3）。

表 1 水力计算结果比较

节点编号	计算出的节点水压值（米）	
	MIKE NET 2003b	NetGIS
1	36.50	36.50
2	37.76	37.76
3	36.52	36.52
4	29.97	29.97
5	38.64	38.64
6	36.34	36.34
7	42.82	42.82
8	43.60	43.60
9	30.53	30.53
10	36.90	36.90
...	...	...



a) MIKE NET 绘制的管网服务水压分布图



b)NetGIS 绘制的管网服务水压分布图

图 3 管网服务水压分布图

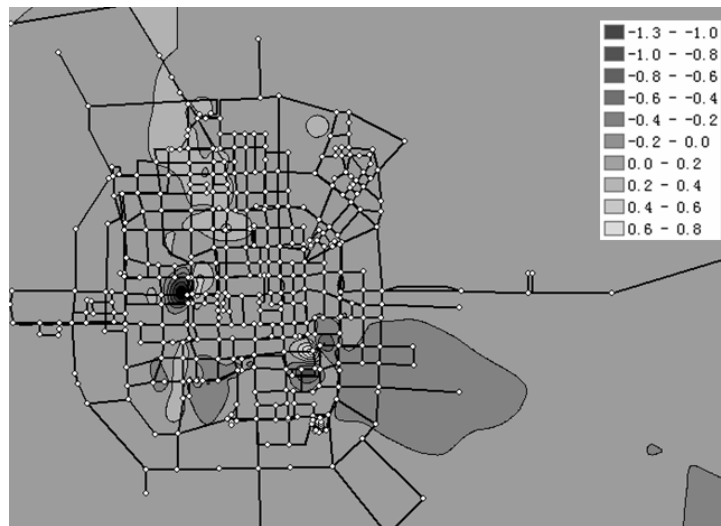


图 4 改造后模型原有节点水压变化情况分析图

## 5. 结果讨论

两款软件模拟计算管网节点水压值的结果如表 1 所示。绘制的等水压线图如图 3 所示。表 1 的计算结果表明，在管网模型参数输入完全相同的条件下，两款软件的计算结果完全相同。从图 3 可以看出，两款软件绘制的等水压线图的压力分布也基本相同。

由此可见，NetGIS 的计算结果是可靠的。该建模软件基本实现了与 GIS 的无缝结合，即可以在地理信息平台下进行管网数据的输入和输出，并依据这些数据对管网模型进行水力计算分析。在绘制等压线图形方面，表现突出。比较图 3 中的两幅图形，可以看出，NetGIS 绘制出的管网服务水压分布图更为细致，曲线也更加圆滑。应该说，此款软件的开发程度，对于本研究已经能够胜任了，若要把它最终发展成为能够与国内外知名软件比肩的专家级管网建模平台，还有很长的路要走，需要继续拓展完善。

## 6. 结论

供水管网分区管理，可以提高对现有管网的理解、降低管网的漏失率、改善水质和提高管理水平。管网分区改造需要模拟模型来评估分区改造前后的管网的运行状况。为此目的，本文建立了水力模型。模型被用来模拟某城市供水管网分区前后管网节点的压力分布情况。

模拟结果与用丹麦水力研究所 MIKE NET 模拟获得的结果进行比较。比较结果显示，在管网模型参数输入完全相同的条件下，两款软件的计算结果完全相同；等水压线图的压力分布也基本相同。而 NetGIS 在绘制等压线图形方面，表现得更为细致。

#### 参考文献

- 1 刁克功.某市供水管网分区域管理初步研究.北京工业大学工学硕士学位论文.2006
- 2 周玉文,刁克功等.城市供水管网分区初步研究.供水管网信息化管理与检测技术应用研讨会论文集.郑州,2005,11:213~221
- 3 Leakage Management and Control - A Best Practice Training Manual. WHO. 2001
- 4 Farley M, Trow S. Losses in Water Distribution Networks. IWA Publishing. 2001. 83~99
- 5 Henrik Andersen, Zdenek Svitak, Bengt Zagerholm. Intergrated Approach to Water Distribution Modelling. Water Distribution Modeling—A collection of case studies. 64
- 6 Lewis A.Rossman. EPANET2 USERS MANUAL. United States Environment Protection Agency. 2000,9:187~193
- 7 Petr Ingeduld. Modeling of Water Distribution Systems with MIKE NET. DHI Water & Environment. 2003, Chapter 6:1~42