

郑州市供水管网数学模拟系统的建立及其应用研究

施东文¹ 李固巧¹ 杨正宇²

郑州市自来水公司

摘要: 本文以郑州市供水管网的数学建模为例, 阐述了管网建模的基本方法。并且以管网管理评估和爆管突发事件的应急调度管理为例, 探讨了如何运用管网模拟系统来进行辅助决策, 并对模型的改进及维护提出了建议。

关键词: 供水管网 水力模拟 MIKE NET 预案分析

Setup of Water Distribution Network Model in Zhengzhou and Its Application Study

Shi Dongwen Li Guqiao Yang Zhengyu

Abstract: This paper takes the mathematical model setup for the water distribution network in Zhengzhou as an example. The basic methodology is described. The model is also used as a tool in DSS (Decision Support System) to help to evaluate the operation of distribution network and handle an emergency incident—pipe burst. Suggestions are also provided to maintain and improve the model.

Key words: Water distribution network Hydraulic modelling MIKE NET Scenario Analysis

1. 引言

郑州市自来水公司目前设计日供水能力为 107 万立方米, 供水面积 262 平方公里, 管网长度 1610 公里。目前有柿园水厂、石佛水厂、东周水厂、白庙水厂等 4 个水厂。随着中国经济的持续的发展, 郑州作为中原的重要城市, 城市供水管网面临着新的挑战, 主要表现为郑州给水管网的改扩建和如何对于整个管网进行科学的管理。郑州市的管网改扩建主要是由于郑州市新区的开发和原有管网的老化引起的, 原有的部分给水设备的调度的不科学性, 原有管段的规划的不合理性造成了一些管网管理上面的问题。长期以来, 郑州市供水管网的日常管理(主要指泵站调度, 管网的维护, 应急预案的建立)主要是凭借经验, 而不是建立在科学的理论体系之上。

目前, 世界上先进国家的自来水公司都已经逐步完善了供水管网的科学管理系统, 而建立供水管网数学模拟系统是建立科学管理系统的核心部分之一。为了提高管理水平和供水安全

性, 郑州自来水公司开始建立供水管网数学模型, 采用了丹麦水利研究院 DHI 的供水管网数学模拟软件 MIKE NET, 主要用于给水管网规划分析, 优化现有的给水设施和管网, 规划新给水设施, 为郑州市供水系统的改扩建提供宏观的、总体的分析策略。同时通过对供水系统的日常管理、维护和更新的活动分析, 提供科学的操作管理方法, 为区域性的给水管网规划、设计和更新的优先性评估提供科学依据。为突发事件(如爆管)提供应急预案选择。

2. 供水模型的建立

2.1 数据的准备和录入

根据管网模型建立的要求, 对所需要的数据进行了收集, 主要包括 1: 1000 的地形图, 管网图和水源, 水泵, 阀门的基础资料。这些构成了管网数学模型的基本元素, 需要对这些信息进行处理, 如管段的合并和舍取。事实证明, 在没有 GIS 系统的情况下, 对这些数据的整理和录入需要很大的工作量, 也需要技术和经验的配合。由于供水管道的粗糙度没有进行实测, 根据管道的材质和管龄对粗糙度进行了赋值。水厂水泵的参数采用铭牌上面的参数, 包括流量和扬程。

在管网建模中需要对总的用水量的分配, 本项目研究把用水类型划分为综合、居民、三班制工业企业、二班制工业企业、一班制工业企业、服务业、行政办公、学校、医院计九种类型。并于 2001 年进行了用水量变化曲线的现场测试。通过连续测定特定的、有代表意义的用户, 得到工作日、节假日共 16 条用水曲线, 计算时进行直接调用。对于文化、市政设施等未经测试、难以确定的用户类型, 全部采用曲线 1(综合)替代。模型默认的用水类型为 1, 也即综合类型。其中, 用户类型为医院的实测用水曲线出现夜间高、白天低的状况, 据了解, 这是由于所测对象采用二次供水的原因, 郑州市医院采用二次供水较普遍, 此曲线仍被采用。对于管网损漏部分, 实际应该是按照管网中的压力不同而进行变化的, 考虑到这一部分很难考量, 假设损漏水量是不随时间变化的, 为一直线。在用水量规律的测试中, 基本选取是单位或小区的总表, 其中已包括水表后的管道的区域漏水量, 但主要是包含在市政管网中的漏水量, 假设为总用水量的 5%。

根据记录, 2004 年 8 月 9 日为当年的用水最高日, 本研究提取了 2004 年 8 月消费水量排列位居前一千位的用户, 对其用水量根据地图所在位置进行了分配。剩余用水量约 2414L/s 按

照管长进行了管段沿线分配。对于供水区域的边缘区域，由于分布管线长度较长，往往被自动分配给较大的用水量；而大型居住小区基本上为单元计量或分户计量水表，而不存在于大用户列表的名单中，实际上按照用水量的标准也应视为独立的大用户，市内也有一些规模大的小区由于入住率低，用水量也较少。因此，本研究参照市区地图，根据地区的功能分区对部分水量进行人工调整，目的使分配的用水量更趋于真实。

2.2 模型的校错和计算

模型数据录入后，运用模型软件对模型中的数据进行校错，模型软件对管网中的组件进行常规性的检查，当必要的用于模型计算的数据逻辑上完整之后，运行数学模型进行模拟。模拟过程出错的话，需要对模型的设置进行察看和调整。

2.3 模型的率定

模型运行后，为了使模型能够真实的反应管网中的水力情况，必须要减少模拟值和实际值之间的差距，这个过程需要通过模型的率定来执行。本研究率定采用的数据为四个水厂的供水量的瞬时流量、瞬时压力，测压点压力数据约 30 个。率定的工作主要采用手工率定来进行，对最高供水日的最高时和最小时进行率定。率定主要调整的参数为管道的糙率，水泵的曲线，清水池的水位以及用水量的合理分配。

3. 应用研究

3.1 管网现状的评估

根据管网模拟分析的结果，可以看出供水管网的划分的行政手段严重制约了供水的科学性，因此耗费了能量以及降低了供水的安全性。比如有一些重要阀门处于关闭状态；而一些原来起配水作用的管段起到输水作用，这些管道可视为对特定水厂的供水区域划分敏感的管段，如：金水路 DN400，担负柿园水厂供水流量约 200L/s 的水量；水头损失高达 16 米；黄河路 DN300，担负石佛水厂约 120L/s 的水量；水头损失高达 21 米；金水河滨河路 DN400，担负柿园水厂供水流量约 200L/s 的水量；水头损失高达 16 米等。

本研究根据节点附近的地面高程对节点赋高程值，对管网的服务水压进行考查，模拟结果显示 12 时相对压力小于 28 米的节点区域。水压低的大致范围为京广路以东、黄河路以南与陇

海路以北的与老管道相连接的用水节点。

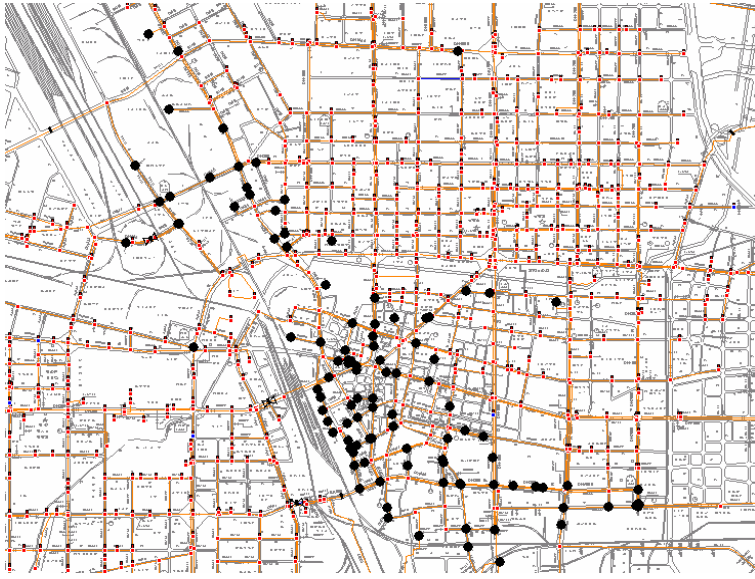


图1 8月9日12点供水水压小于28米的用水点

3.2 应急事故的方案选择

2006年6月19日下午两点多水源至白庙水厂DN1200输水干管发生爆管，郑州自来水公司根据管网模型对故障管网进行了24小时动态模拟并进行了几种方案的比较。

方案一：打开陇海路阀门

方案二：打开航海路阀门

方案三：同时打开以上两个阀门

方案四：把郑上路秦岭路西阀门全开

模拟结果显示方案一使柿园水厂供水增加，但局部供水压力略有升高；方案二使管网局部低压区供水压力降低；方案三使柿园水厂供水增加幅度较大，管网压力提高较大；方案四从水厂供水量情况与方案三相似，但使管网压力增高明显。但压力大面积增加可能会导致漏损加剧，若柿园水厂确有保证的供水能力前提下，如遇用户对水压投诉较多可优先考虑此方案。

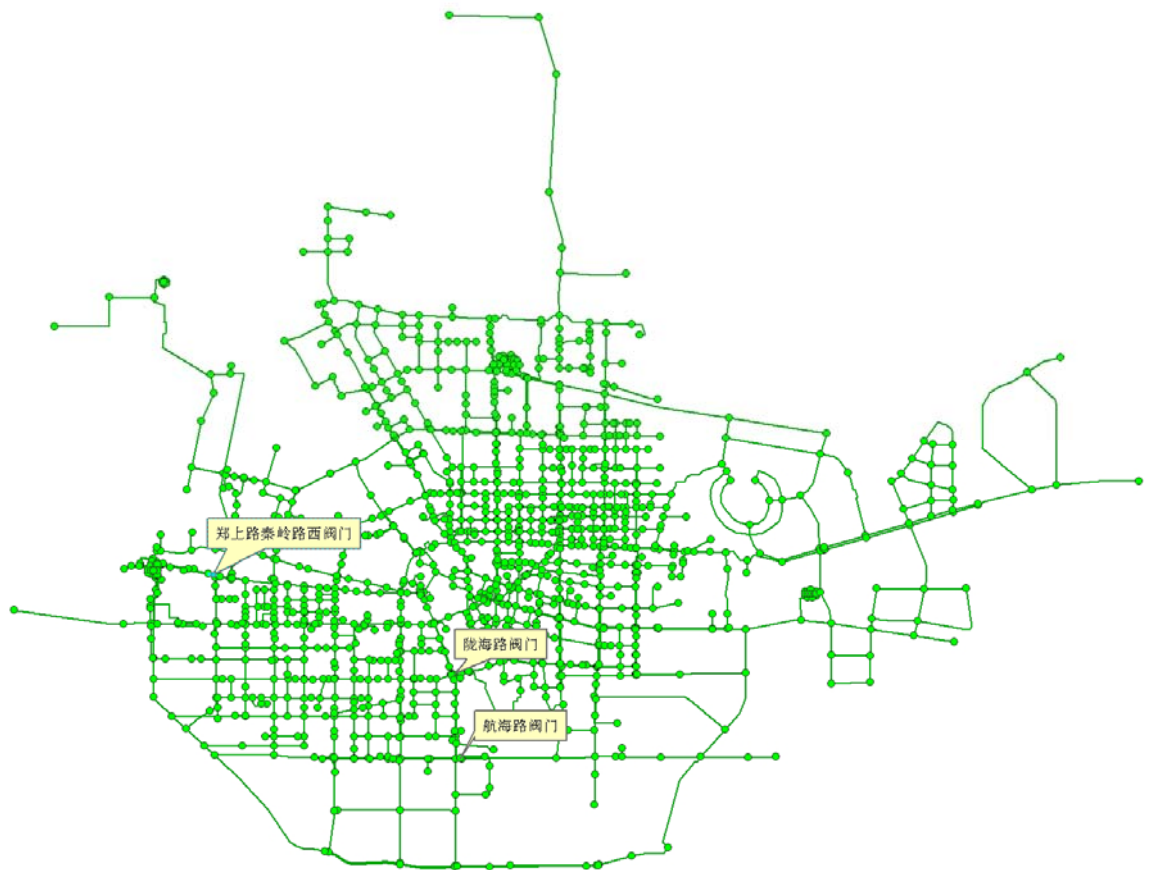


图 2 应急事故的预案模拟

4. 结论和建议

本研究所建立模型基本上能够反应管网的实际水动力情况。能够根据模型的模拟结果定性的对实际的管网运行和管理提供决策支持和帮助，避免了盲目的操作和决策。

但是由于管网大且复杂，模型在精度方面还存在误差，压力相对误差从 0.26% 到 10.6% 不等，主要的原因表现在以下几个方面：

1. 管段的长度大都按照图面长度自动生成与现状有一定的误差。某些管道的连接缺少竣工资料，信息不清，对区域的水力计算结果有较大的影响。建议在今后和 GIS 结合起来，减少信息录入的误差和错误。
2. 实测数据的缺乏，用水特性的曲线每个测了一条，代表性的可信度不高；大部分水泵的特性曲线没有通过实测得到，而是通过样本来取得，与实际运行状况有差异；测压点和流量点不够多，率定的时候缺乏实测值；建议通过一定的方法如（消火栓流）来测定特

性管道的糙率值。

3. 信息的更新不够，包括管网的基础数据和用水量信息没有定时进行更新，建议对模型的率定进行定期的校准。