

基于图论的城市供水管网抢修决策信息系统

郑苏娟¹,徐筱麟²,丁莲珍¹

(1.河海大学数理系,江苏 南京 210098 2.解放军理工大学 2 系,江苏 南京 210016)

摘要 利用图论分析方法,建立了城市供水管网抢修决策数学模型,给出了该模型的系统软件.应用表明,该系统能迅速提高维修人员查找所要关闭阀门的速度.

关键词 供水管网;抢修决策;数学模型

中图分类号 :TU991.61 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-1980(2001)05-0092-04

城市自来水管网的管理和维护,是一项既复杂又重要的工作,它和城市人民的生活息息相关.在日常维修特别是在应急抢修中,为了使对用户的影响降低到最低程度,往往需要由具有多年工作经验的专门技术人员提出决策抢修方案.随着城市规模的不断扩大,供水线路的不断延伸,对决策人员的要求就会越来越高,抢修决策将会越来越复杂.因此,应用计算机实现工作中急需的管网抢修智能决策和对管网设施实行规范化管理,是城市自来水管网设施管理的必然趋势.

1 自来水管网的基本组成和抢修决策的基本要求

如图 1 所示,城市自来水管网的主要组成要素有:主管——自来水管网中主干管线;次管——自来水管网中通往用户的小口径管线;水源 Q——水厂及增压站(储水柜);用户水表 T——主管到次管压力转换的装置;阀门 f——自来水管网中,只需关闭少量阀门即可切断供水的最小区域.由于抢修决策主要针对主管和次管,所以图上没有区分主管和次管.

自来水管网计算机抢修决策的基本要求是:(a)能在多水源情况下自动辨认最小封闭区的进水阀和出水阀;(b)在阀门失灵情况下具有延伸封闭区的功能;(c)能确定封闭区阀门关闭之后受影响的用户水表,输出用户信息;(d)可输出封闭区内的阀门单位图和所在范围内的管网地形图.

由于城市中供水管网相互交错,液体具有双向可流动性,要采用计算机进行智能决策,必须建立合理的数学模型.

2 数 学 模 型

由于供水管网的构造具有明显的点线特征,用图论的分析方法是最合理的.然而,诸如图 1(a)所示的供水管网结构要用图论进行分析还比较困难,必须对其进行变形简化,以建立便于图论分析的数学模型.其基本思想是将封闭区收缩为一个点,将阀门拉长成一条线,并将调压站信息隐藏到封闭区,如图 1(b)所示.

3 供水管网抢修决策方案产生的原理

在自来水管网中,只需关闭少量阀门即可切断供水源的最小区域.该区域称为封闭区.其中水源既可以是水厂,又可以是储水柜.同一封闭区中任意一点出现故障,故障区切断水源的抢修方案是相同的,每一封闭区对应一个抢修方案.因此,管网中有多少封闭区,就对应有多少个抢修方案.封闭区的确定取决于自来水管网的结构,管网结构一旦形成,封闭区的划分就不会改变.由于自来水管网有其相对稳定性,封闭区划分生成后可供长期使用.

要使某一封闭区停水,所需关闭的阀门必定在围着这一封闭区内的几个阀门之中.这样,要关闭的只是

收稿日期 2000-07-14
作者简介:郑苏娟(1965—),女,江苏南京人,讲师,硕士,主要从事图论研究.

其中与水源相连的阀门. 一个封闭区被切断水源后, 有时还会影响其他封闭区. 所有影响的封闭区至少有一个与事故点相邻, 它们是以故障点所在封闭区为“水源”的那些封闭区, 可以根据这一特点向下检索直到找出所有受影响的封闭区.

以图 1(a)为例, 该图 G 的有序三元组为 $[H(G), E(G), \Psi_G]$. 其中: $H(G) = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7\}$; $E(G) = \{f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7\}$; $\Psi_G(f_1) = b_1b_2$, $\Psi_G(f_2) = b_2b_5$, $\Psi_G(f_3) = b_2b_3$, $\Psi_G(f_4) = b_3b_4$, $\Psi_G(f_5) = b_5b_6$, $\Psi_G(f_6) = b_3b_5$, $\Psi_G(f_7) = b_3b_7$.

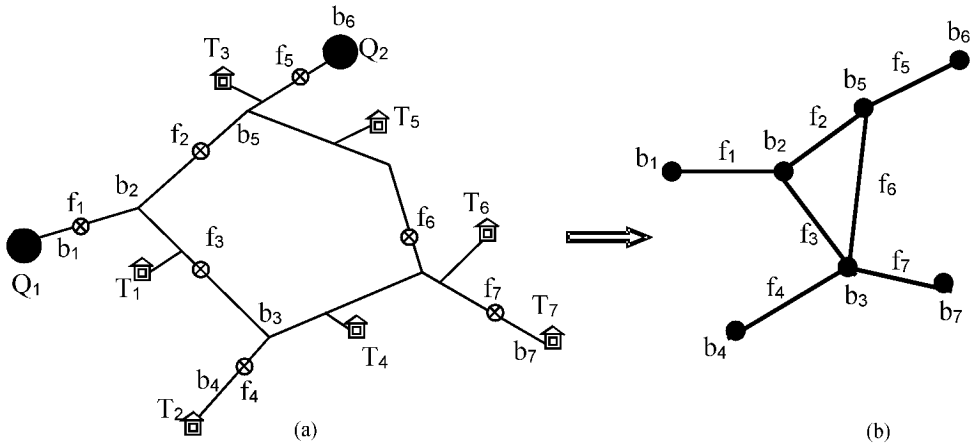


图 1 基于图论的供水管网数学模型

Fig.1 Mathematical model of water piping network

从中首先得到管网封闭区的关联矩阵 $M(G)$ 和相邻矩阵 $A(G)$.

	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7
b_1	1	0	0	0	0	0	0
b_2	1	1	1	0	0	0	0
b_3	0	0	1	1	0	1	1
b_4	0	0	0	1	0	0	0
b_5	0	1	0	0	1	1	0
b_6	0	0	0	0	1	0	0
b_7	0	0	0	0	0	0	1

关联矩阵 $M(G)$

	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7
b_1	0	1	0	0	0	0	0
b_2	1	0	1	0	1	0	0
b_3	0	1	0	1	1	0	1
b_4	0	0	1	0	0	0	0
b_5	0	1	1	0	0	1	0
b_6	0	0	0	0	1	0	0
b_7	0	0	1	0	0	0	0

相邻矩阵 $A(G)$

得到关联矩阵 $M(G)$ 和相邻矩阵 $A(G)$ 后, 将从每个水源所在的封闭区出发, 根据相邻矩阵 $A(G)$ 给出的关系生成相互供水关系矩阵, 此举意味着有 N 个水源就要搜索 N 次. 以图 1 为例, 先从 Q_1 所在的封闭区 b_1 出发进行搜索, 然后从 Q_2 所在的封闭区 b_6 出发搜索, 则获得单个管网封闭区的供水关系矩阵(行为供水封闭区, 列为被供水封闭区):

	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7
b_1	1	0	0	0	0	0	0
b_2	1	0	0	0	0	0	0
b_3	0	1	0	0	1	0	0
b_4	0	0	1	0	0	0	0
b_5	0	1	1	0	0	0	0
b_6	0	0	0	0	1	0	0
b_7	0	0	1	0	0	0	0

从 Q_1 出发的供水关系矩阵

	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7
b_1	0	1	0	0	0	0	0
b_2	0	0	1	0	1	0	0
b_3	0	1	0	0	1	0	0
b_4	0	0	1	0	0	0	0
b_5	0	0	0	0	0	1	0
b_6	0	0	0	0	0	1	0
b_7	0	0	1	0	0	0	0

从 Q_2 出发的供水关系矩阵

将各个管网封闭区的供水关系矩阵相加, 就可以得到整个管网的封闭区相互供水关系矩阵

	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇
b ₁	1	1	0	0	0	0	0
b ₂	1	0	1	0	1	0	0
b ₃	0	1	0	0	1	0	0
b ₄	0	0	1	0	0	0	0
b ₅	0	1	1	0	0	1	0
b ₆	0	0	0	0	1	1	0
b ₇	0	0	1	0	0	0	0

例 1 若封闭区 b_5 发生故障 b_5 给 b_2 b_3 b_6 供水,但检索 b_2 b_3 b_6 的供水封闭区时,都存在其他封闭区供水,所以该故障只影响 b_5 封闭区的用户,即 T_3 T_5 .从 $M(G)$ 中可知,与 b_5 相连的 f_2 f_5 f_6 均为进水阀.

例 2 若封闭区 b_3 发生故障 b_3 给 b_2 b_4 b_5 b_7 供水,但检索 b_2 b_4 b_5 b_7 的供水封闭区时 b_4 b_7 仅由封闭区 b_3 供水,所以该故障不仅影响 b_3 封闭区的用户,而且还影响封闭区 b_4 b_7 ,即 T_2 T_4 T_6 T_7 .从 $M(G)$ 中可知,与 b_3 相连的 f_4 f_7 为出水阀 f_3 f_6 为进水阀.

如果在要求关闭的阀门中,由于走丝、损坏及其他原因,该阀门无法关闭,就需进行二次决策,即通过将相邻的两个封闭区合并实现封闭区的延伸.在决策过程中,用户在第一次决策的基础上对无法正常关闭的阀门进行点取,就可完成二次决策.

4 抢修决策信息系统总体结构

根据实际工作对自来水管网抢修决策、管网维护及图档信息管理的基本需要,建立了城市供水管网抢修决策信息系统,如图 2 所示.

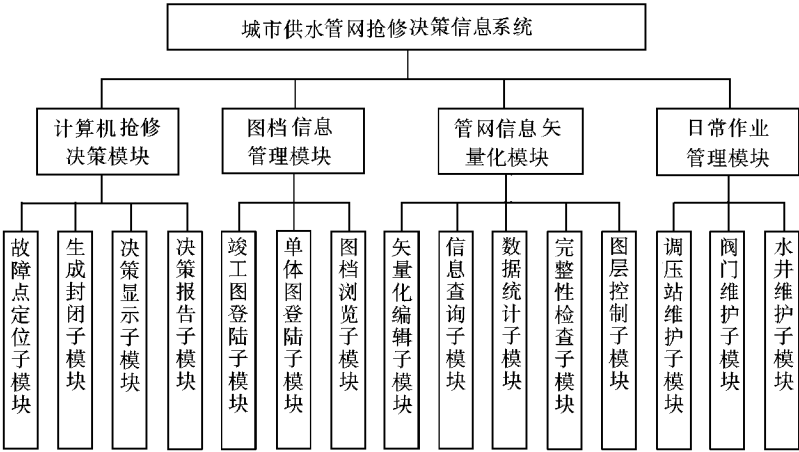


图 2 系统软件模块结构

Fig.2 Module structure of system software

5 结 束 语

该系统已在南京市自来水管网的爆管分析和抢修决策中得到应用.由于采用本系统,维修管养部门计算受影响的用户范围,列出要关闭的阀门的全部信息,从接到电话到赶往现场止水过程仅 1.5 h.如果按以往的人工决策抢修过程,像这类大口径爆管的维修工作至少需要 4 h.显然,这大大提高了抢修速度.

该图论分析方法也在城市煤气抢修决策中得到应用.如煤气中压管断裂抢修、中压管线改道等实际施工工程,由该系统产生的停气降压方案与人工产生的最佳方案完全一致,并准确给出了由于停气所影响的煤气用户.

参考文献：

[1] 邦迪 J A 主编.图论及其应用[M].吴望名等译.北京:科学出版社,1987.1~60.

Decision Making Information System for Urgent Repair of Urban Water Supply Piping Network Based on Graph Theory

ZHENG Su-juan¹ ,XU Xiao-ling² ,DING Lian-zhen¹

(1. Dept. of Math. and Phys. , Hohai Univ. ,Nanjing 210098 ,China ;

2. Dept. of Two , the PLA Engineering Univ ,Nanjing 210016 ,China)

Abstract Based on the graph theory ,a mathematical model for urgent repair decision making of urban water supply piping system is established ,and the system software is discribed. Application shows that the system may help find quickly the valves to be closed.

Key words water supply piping network ;urgent repair decision making ;mathematical model

《河海大学学报(自然科学版)》征订启事

《河海大学学报(自然科学版)》是以水资源开发、利用与保护为重点的综合性学术期刊 ,主要刊登本校在水资源、水文、地质、测量、水利工程、水电工程、水运工程、海洋及海岸工程、水工结构、工程力学、水力学及河流动力学、岩土工程、计算机科学、电力工程、电子技术及自动化工程、工业与民用建筑、管理工程、水利经济、环境工程、机械工程等学科方面的科研成果学术论文、学术讨论、研究动态等学术性文章 ,可供上述有关专业的科技工作者及大专院校师生阅读和参考。

本刊创办于 1957 年 ,是我国中文核心期刊 ,在国内工程技术界和学术界有较大影响。刊载的文章中 ,有不少国家科技攻关(重点)项目和各种科学基金资助项目的研究成果 ,部分达到了国内领先和国际先进水平 ,为我国水利、水电、水运工程及其他有关工程建设的规划、设计、施工和管理提供了科学理论、方法和具体建议 ,发挥了较大的社会效益和经济效益 ,深受工程界和科技界赞许 ,并获得全国优秀高校自然科学学报二等奖 ,以及全国水利系统优秀期刊、江苏省优秀期刊称号。本刊每逢单月出版 ,国内外公开发行 ,邮发代号 : 28-63 ,每期定价 8.00 元 ,全年订费 48.00 元。欢迎广大读者在全国各地邮局订阅或直接与编辑部联系。联系地址 :南京市西康路 1 号《河海大学学报》编辑部 邮政编码 210098。