

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.12.016

水力模型在市政供水管网改造事故中的应用实践

郭金鹏, 齐轶昆, 王敏, 卫薇
(北京市自来水集团有限责任公司, 北京 100031)

摘要: 详细介绍了北京市某管网改造过程中居民区出现的无水水微事故及事故处置措施, 并对事故原因进行了分析。采用供水管网水力模型, 对事故范围内供水管网进行模拟, 结果表明, 管网改造过程中关闭闸门使事故范围内管网供水格局改变, 导致管网水流方向、流速、水压和流量发生改变。结合管网改造事故及处置措施, 对北京市供水管网管理和改造工作提出了建议与改进措施。

关键词: 水力模型; 供水管网; 管网改造

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)12-0101-04

Application and Practice of Hydraulic Model in Municipal Water Supply Network Reconstruction Accident

GUO Jin-peng, QI Yi-kun, WANG Min, WEI Wei
(Beijing Waterworks Group Co. Ltd., Beijing 100031, China)

Abstract: This paper elaborates the waterless micro-accident in a residential area during pipe network reconstruction in Beijing and the measures to deal with the accident, and analyzes the causes of the accident. The hydraulic model of water supply network is used to simulate the pipe network within the scope of the accident. The simulation results show that the water supply pattern within the scope of the accident was changed by the closure of the gate in the process of pipe network reconstruction, leading to changes in the flow direction, velocity, pressure and flow of the pipe network. Based on the pipe network reconstruction accident and countermeasures, suggestions and improvement measures are put forward for the management and renovation of Beijing water supply pipe network.

Key words: hydraulic model; water supply network; pipe network reconstruction

近年来,随着北京市城市规模的迅速扩大,城市居民生产和生活用水量也日益增加,市政供水管网规模日渐庞大,管网长度已突破10 000 km。随着供水管网管龄的增长,部分管网管道老化严重,加之还需配合整个城市化改造,对管网进行局部改造迫在眉睫。

管网系统信息化已成为管网系统管理和运行的

主要趋势,且向智能化发展的趋势越来越明显。水力模型软件系统已经成为供水企业不可或缺的工具,通过建立水力模型发现管网设计中存在的问题、优化管网布置、确定合理管径是实现管网科学规划的必然趋势^[1-2]。北京市自来水集团有限责任公司基于管网地理信息系统(GIS),借助数据采集与监控系统(SCADA)和营销服务系统,先后建立DN400管

基金项目:“十三五”水专项配套项目(GW1905-2017ZX07108002)

通信作者:齐轶昆 E-mail: brucebond111@163.com

网水力模型和DN200管网水力模型,并定期进行校核,实现了供水管网水力运行状态的在线模拟、管网多工况的延时校验和管网调度决策的预测。

以市政供水管网改造过程中出现的供水水压低、无水水微问题为例,借助DN200管网水力模型,对管网改造区域内供水管网进行水力模拟,以解决管网改造中出现的水压低、无水水微问题,并对今后管网改造提出建议。

1 工程概况

北京市某区为提升城市品质、优化空间结构和环境布局,拟对该区内某河道沿线道路(A路)及景观环境实施提升改造工程。工程范围内涉及现状自来水DN600管线1条,该管线铺设于2001年,长932 m,球墨铸铁管管材。为配合该区道路及景观环境提升改造工程顺利推进,需对DN600现状供水管线进行改移。

改移方案见图1。

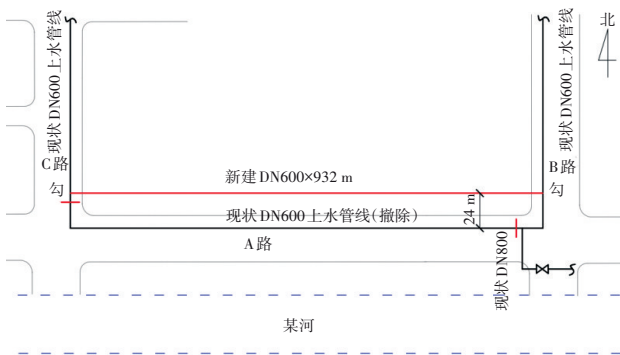


图1 管线改移方案示意

Fig.1 Schematic diagram of pipeline relocation

2 无水水微事故及原因分析

2.1 无水水微事故及处置

2.1.1 无水水微事故

管线改移的主要流程包括沟槽开挖、管线铺设、沟槽回填、管道冲洗和断管勾头,本次管网改造过程中出现的无水水微事故发生在断管勾头过程中。

① 勾头停水方案

新建管线与现状管网勾头连接施工时,需停水作业。为保证勾头施工作业顺利推进,减少停水作业造成的负面影响,施工单位根据管网GIS图和现场情况提前做好停水施工方案,并严格按照施工方案执行。

本次勾头施工停水方案见图2。

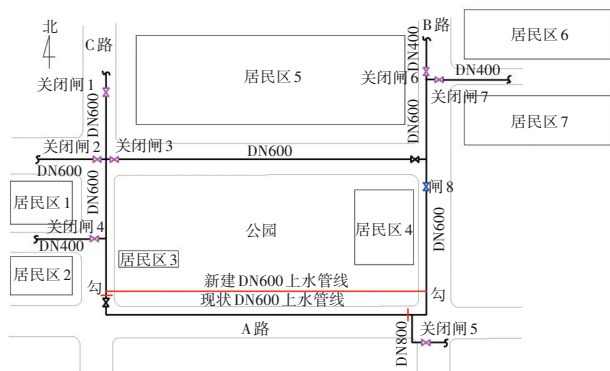


图2 关闸停水方案示意

Fig.2 Schematic diagram of switch off and water shutdown scheme

由图2可知,为减少勾头停水作业对居民区的用水影响,关闭闸1、闸2、闸3、闸4、闸5和闸8六座闸门后,可实施新建DN600管线与B路和C路现状DN600管线勾头连接施工作业,停水影响范围为居民区3、4。提前对居民区3、4做好停水通知工作。停水方案制定后,施工前对所需关闭闸门和周边范围设备井内设备进行备闸检查,发现闸8存在设备故障,无法关闭,需扩关闸6和闸7两座闸门。

② 居民区大面积无水水微

根据经验判断,按照关闸停水方案关闭应关的7座闸门后,仅影响居民区3、4的用户用水,不会影响其他居民区用户用水。关闭应关的7座闸门进行勾头施工作业过程中,集团客户服务呼叫中心陆续收到居民区6、7范围内的投诉单和报修单,反映居民区6、7范围内用户家中水压低、无水或水微,共计收到投诉、报修单67张,涉及4个小区。

2.1.2 处置措施

无水水微事故发生后,按照北京市自来水集团有限责任公司《无水水微事故应急处理流程》,工作人员立即查找无水水微事故发生原因,确定本次无水水微事故原因是周边勾头施工关闸停水。事故原因确定后,立即启动本次管网改造应急预案,停止勾头施工作业,开启已关闭的闸门,恢复供水,居民区6、7用户供水恢复正常。

为不影响该区河道沿线道路及景观环境提升改造工程进度,并保证居民区6、7用户供水正常,新建管线与现状管线勾头处采取打水钻方式,带水勾头作业。根据北京市自来水集团有限责任公司“水

钻口径不得大于管线口径0.5倍”的规定,本次勾头处采用DN300管件临时勾头。待做好居民区6、7范围内用户停水通知后进行二次施工,勾头处采用DN600管件永久性连接。

2.2 事故原因分析

经分析,导致本次无水水微事故发生的主要原因是勾头停水方案制定不严谨。制定方案时根据经验判断,关闭应关闸门后居民区6、7仍有来水,未核实来水管线管径,且在关闸停水前未采用管网水力模型对制定的方案进行相关指标数据的模拟。

制定关闸停水方案时根据GIS图纸信息,闸7所在管线管径为DN400,且停水范围内管网为环状,根据经验判断,关闭闸7后,DN400管线的上游管线管径应不小于DN400,且DN400管线仍有来水(见图3),断定关闸停水不会对居民区6、7产生影响。事故发生查找原因时发现,闸7所在DN400管线与D路DN400管线之间的管线管径为DN150,且DN150两侧居民区均由此DN150管线供水。关闭闸7后,局部范围内供水管网格局发生改变,由环状管网变成枝状管网,且居民区6、7位于枝状管网末端,供水流量和压力均减小,导致居民区6、7用户水压低、无水水微事故发生。

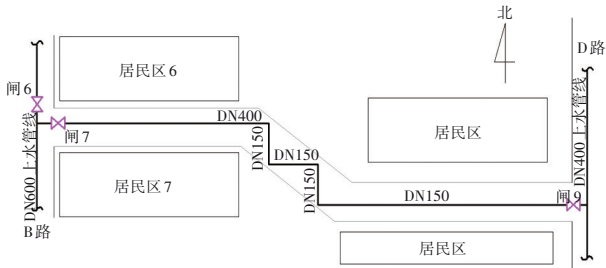


图3 供水管线示意

Fig.3 Schematic diagram of water supply pipeline

表1 关闸前后压力和需水量变化范围

Tab.1 Range of pressure and water demand before and after gate closure

点位	需水量 $Q/(m^3 \cdot h^{-1})$		压力 P/MPa	
	关闸前	关闸后	关闸前	关闸后
a	0.013 241 ~ 0.039 169	0.431 683 ~ 1.651 282	0.275 ~ 0.380	-0.492 ~ 0.282
b	0.031 109 ~ 0.092 026	0.031 109 ~ 0.092 026	0.250 ~ 0.355	-0.517 ~ 0.257
c	0.145 896 ~ 0.431 577	0.013 750 ~ 0.040 673	0.286 ~ 0.391	-0.489 ~ 0.284
d	0.067 223 ~ 0.198 853	0.067 223 ~ 0.198 853	0.247 ~ 0.351	-0.517 ~ 0.254
e	0.198 443 ~ 0.587 013	0.198 443 ~ 0.587 017	0.353 ~ 0.431	0.350 ~ 0.430

由图4可知,闸7关闭前,闸7与c点之间DN400管线内水流流向为由西向东;闸7关闭后,a点变成枝状管网末端,闸7与c点之间DN400管线内水流

3 模型模拟结果与分析

采用管网水力模型对本次关闸前和关闸后无水水微区域范围内的管网进行模拟,关闸前后无水水微区域范围内不同点位(见图4)的需水量(Q)和压力(P)在24 h内变化范围见表1。管网水力模型模拟勾头施工作业出现无水水微事故同一时段内关闸前后区域范围内管网水流流向、流速、压力和需水量,结果见图4。图4和表1的数据均为理论计算值。

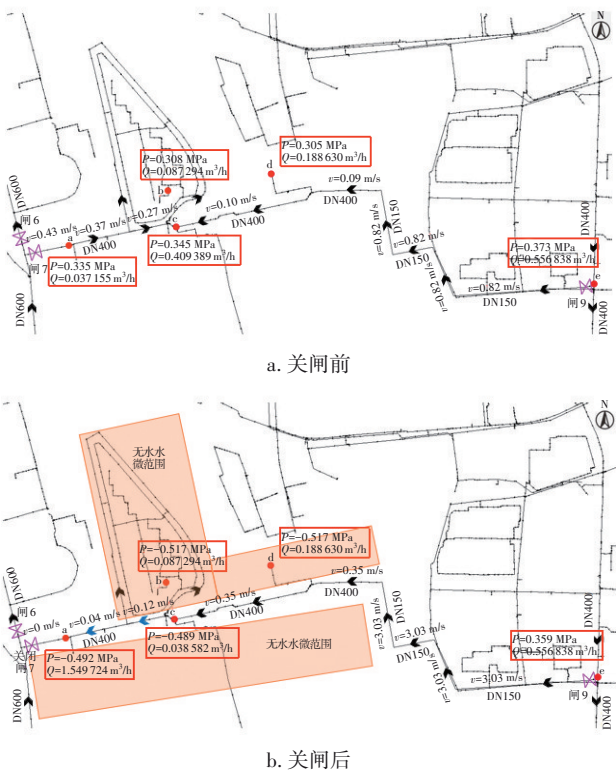


图4 事故同一时段模型模拟结果

Fig.4 Model simulation results at the same time of the accident

流向发生改变,水流流向为由东向西。闸7关闭前后,闸7与e点之间管线内水流流速均发生较大改变,c点与e点之间管线内水流流速由小变大,闸7

与c点之间管线内水流流速由大变小。其中, DN150管线内水流流速由0.82 m/s增至3.03 m/s, 超过管道经济流速, 沿程水头损失增大, 此段管线运行负荷变大; 闸7与a点之间管线内水流流速由0.43 m/s减至0 m/s, 此管段内水流处于静止状态。闸7关闭后, a点和c点需水量均发生变化, b点、d点和e点需水量未发生变化。其中, a点需水量由关闸前的0.037 155 m³/h增至1.549 724 m³/h, c点需水量由关闸前的0.409 389 m³/h减至0.038 582 m³/h。关闸后a点、b点、c点、d点和e点压力均发生变化, 其中, e点压力变化不大, a点、b点、c点和d点压力均由正值降低为负值, 管道流量超过其最大负荷量, 管道呈现负压状态。综上所述, 勾头施工作业过程中, 关闭闸7后, 居民区6、7出现水压低、无水水微事故。

4 结语

由于供水管网改造施工作业前未进行管网水力模型模拟, 结果导致施工作业过程中出现居民区大面积水压低、无水水微事故。事故发生后采用管网水力模型对管网压力、流速等指标进行模拟, 并分析发生无水水微事故的原因, 模拟结果与关闸施工作业出现无水水微事故的实际情况基本一致, 印证了北京市自来水集团有限责任公司建立的供水管网水力模型在实际管网管理工作实践中的可靠性和实用性。

本次管网水力模型在管网改造事故中的应用为管网管理工作提出了警示, 今后供水管网改造和管网管理工作可从以下3个方面进行改进:

① 端正工作态度, 杜绝经验主义。在实施管网改造过程中采用管网水力模型进行模拟、优化管网改造方案, 可避免传统人工经验的不确定性, 使管网改造工作由粗放型向科学性、合理性迈进, 提

高管网改造工作效率。

② 定期对管网水力模型进行校核, 保证水力模型模拟结果的准确性。根据管网基础信息资料, 定期修正和完善管网拓扑关系、闸门开启状态和开启度、SCADA数据、营销服务系统数据等基本信息参数, 保证管网水力模型模拟结果的可靠性、准确性。

③ 定期巡检, 保证管网附属设备状态正常。管网附属设备状态正常是保证供水管网正常运行的重要环节, 应对其进行定期巡检和维护。管网改造施工前, 应提前对所需操作的闸门等附属设备进行备闸工作, 确保管网改造工作顺利推进。

参考文献:

- [1] 蒋白懿, 张蕊, 赵洪宾. 水力模型在供水管网改造中的应用[J]. 中国给水排水, 2014, 30(11): 66-68.
JIANG Baiyi, ZHANG Rui, ZHAO Hongbin. Application of hydraulic model in reconstruction of water distribution systems [J]. China Water & Wastewater, 2014, 30(11): 66-68 (in Chinese).
- [2] 卢文宝, 李睿, 张伟毅. 水力模型在大落差重力流供水规划中的应用[J]. 中国给水排水, 2018, 34(17): 44-47.
LU Wenbao, LI Rui, ZHANG Weiyi. Application of hydraulic model in high drop height and gravity flow water supply planning [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(17): 44-47 (in Chinese).

作者简介: 郭金鹏(1989-), 男, 河南安阳人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为城市供水管理、智慧水务。

E-mail: jinpeng666@sina.cn

收稿日期: 2023-07-11

修回日期: 2023-07-19

(编辑: 衣春敏)