

北方某市老城区供水管网低压分析及改造

王彤^{1,2,3}, 涂杰^{1,2}, 吴芬芬^{1,2}, 赵明^{4,5}, 丛建松⁵, 张浩祥³,
丁祥^{1,2}, 刘文睿^{1,2}, 梁慧栋⁶

(1. 长安大学 环境科学与工程学院, 陕西 西安 710054; 2. 长安大学 旱区地下水文与生态效应教育部重点实验室, 陕西 西安 710054; 3. 长安大学 建筑工程学院, 陕西 西安 710061; 4. 哈尔滨工业大学 环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 5. 天津三博水科技有限公司, 天津 300070; 6. 海东城市开发建设投资有限公司, 青海 海东 810600)

摘要: 随着我国经济、人口的快速发展,老城区供水管网逐渐出现缺水缺压的情况。北方某市老城区供水管网长期存在供水压力偏低的问题,利用现有监测数据和水力模型进行压降分析,发现是由于该区域二次供水设备不符合要求且过于集中而导致市政管网压力过低。针对这一问题,提出了关于无负压供水和变频水箱供水的二次供水设施的应对举措。结果表明,二次供水设施改造后,用水高峰期的压力不足问题得到明显改善,这对解决其他老城区供水管网的低压问题有一定的借鉴意义。

关键词: 供水管网; 低压问题; 水力模拟; 二次供水

中图分类号: TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)13-0062-04

Analysis and Improvement of Low Water Pressure of Water Supply Network in an Old City in Northern China

WANG Tong^{1,2,3}, TU Jie^{1,2}, WU Fen-fen^{1,2}, ZHAO Ming^{4,5}, CONG Jian-song⁵,
ZHANG Hao-xiang³, DING Xiang^{1,2}, LIU Wen-rui^{1,2}, LIANG Hui-dong⁶

(1. School of Environment Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China; 2. Key Laboratory of Subsurface Hydrology and Ecological Effects in Arid Region <Ministry of Education>, Chang'an University, Xi'an 710054, China; 3. School of Architectural Engineering, Chang'an University, Xi'an 710061, China; 4. School of Environment, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 5. Tianjin Sambo Water Technology Co. Ltd., Tianjin 300070, China; 6. Haidong City Development and Construction Investment Co. Ltd., Haidong 810600, China)

Abstract: The rapid development of economy and population in our country has gradually exposed the deficiency of aged water distribution systems. Low water pressure issue has been experienced in the water distribution system of a city in Northern China for a long time. Analyses using existing monitoring data and hydraulic simulations revealed that the booster pumping stations in the region could not meet the requirements and the stations were located in close approximate, which caused the low pressures in the network. Secondary water supply facilities using negative pressure free water supply techniques and varia-

ble frequency pumps were proposed to solve the problem. The results showed that after the renovation of the booster pump facilities, the insufficient water pressure issue during the peak hours of water supply was significantly mitigated. This project provides references to the renovation of aged water distribution systems.

Key words: water supply network; low pressure problem; hydraulic simulation; secondary water supply

北方某市水资源严重短缺,随着社会经济的发展,城市规模也在不断扩大,水资源的供需矛盾更为突出,严重影响了城市的供水质量。管网水压不仅作为城市供水质量的指标之一,而且也是全面掌握供水管网运行状态和整个供水系统实施科学调度的重要参数。供水管网压力分析是开展事故时供水可靠性分析、供水优化调度以及消防用水时管网优化设计等研究的基础。该市供水管网水力模型已更新,在完成过程中,针对该市西区长期存在供水压力偏低的现象,利用水力模拟和实测,找出了问题症结所在并提出了应对措施。

1 供水现状

从 20 世纪末开始,随着经济的快速发展,城市规模不断扩大,城市二次供水得到了更为广泛的应用。北方某市在 20 世纪 90 年代开展二次供水,由早期的高、低位水池供水发展到现在的无负压供水。但是长期以来二次供水设施建设缺乏相关标准和要求,二次供水设施由开发商自行建设,质量参差不齐;设备的管理由物业或单位进行,管理者缺乏相应的知识和技能。这给二次供水安全及水质安全保障带来很多的隐患,同时也对附近管网正常供水造成危害。该市在 2016 年对二次供水方式进行调研,调研的 187 个项目 302 套设备中,二次供水设施大致可以分为以下 7 种供水形式:采用罐式无负压供水的有 121 套;采用箱式无负压供水的有 56 套;采用水泵直抽供水的有 11 套;采用高、低位水池供水的有 7 套;采用变频水箱供水的有 73 套;采用变频水池供水的有 33 套;变频水箱为铸铁材质供水的有 1 套。

该市有两个自来水厂一起给全市供水,从现有压力监测点的监测数据可以得到,在用水高峰期大部分市政管网压力在 0.27 ~ 0.33 MPa 之间,夜间市政管网压力在 0.17 ~ 0.20 MPa 之间。部分老城区长期有居民反映供水压力偏低的问题,严重影响了居民日常生活。

2 低压问题分析

设计不合理、施工不规范、运行管理不当都会造成管网水压不足,供水管网发生暗漏、局部管件发生堵塞及锈蚀、入户管管径及数量选择不合理、阀门开启度不够等因素也会造成区域性长期水压过低现象^[1]。通过水力模型模拟确定管网水流方向,结合现有监测点数据分析,发现该市主要供水管线有 3 段压力变化明显,分别为解放西路浮阳南大道至开元南大道之间(A-B)、黄河西路浮阳南大道至开元南大道之间(C-D)以及开元北大道新华西路到永济西路段(E-F)。在这 3 条压力变化明显路段进行压力监测,把 A-B、C-D、E-F 的压力监测值处理后得到这些区域 24 h 压差变化曲线,如图 1 所示(1 m 水柱产生的压力约为 9.8 kPa,下同)。通过压差变化可以发现这 3 条路段在用水高峰时段压力降低明显,而在用水低峰时段则无明显降低趋势。

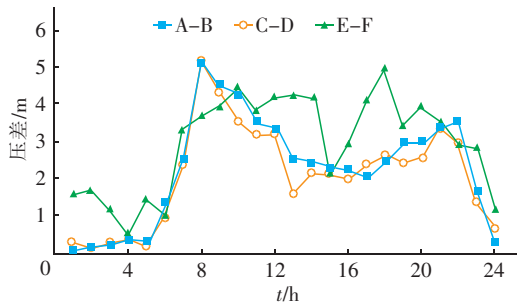


图 1 监测点 24 h 压差变化

Fig. 1 Change of monitoring point's pressure during 24 h

选取 A-B 段的监测数据进行水力模拟,得到正常运行条件下某日 A-B 段 24 h 压力变化趋势,如图 2 所示。

水力模拟结果显示,3 条主要路段正常运行情况下模拟压差在 1 ~ 2 m 之间。而由图 1 可知,实际高峰时段压差已经达到 5 m 左右。通过调研了解到 3 条路段在此期间均无漏水、爆管事故发生,根据该市 2016 年二次供水方式调查结果,发现 3 条主要问题路段沿线为高层二次供水集中区域,且多为无负

压供水及变频水箱供水。由于部分小区选择的管网无负压供水设备并没有达到无负压功能,设备使用期间对市政管网进行直抽,严重降低了市政管网压力,使得直供区压力下降且不稳定,可见该区二次加压供水方式对市政管网压力造成了不良影响。

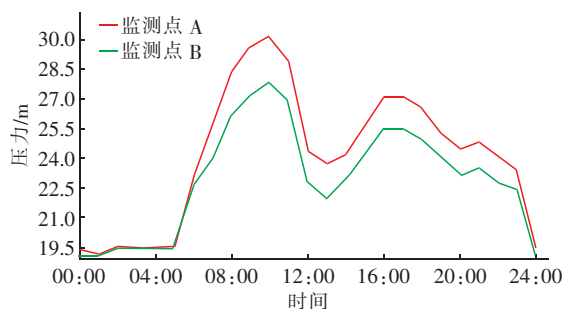


图2 水力模拟条件下某日压力变化

Fig. 2 Change of pressure with hydraulic simulation

通过专业模型分析软件对上述问题进行水泵直抽仿真模拟,模拟管网组成见图3(市政管径为400 mm,每段管长为100 m,支管管径为200 mm,每段管长为50 m,P1、P2、P3为压力监测装置)。

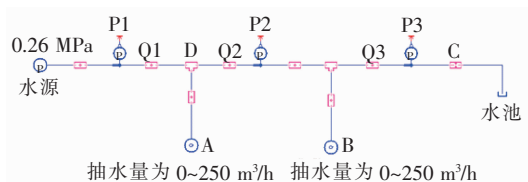


图3 水泵直抽模拟示意

Fig. 3 Schematic diagram of direct pumping

随着直抽水量的逐渐增大,P1、P2、P3出现不同程度的压力下降,如图4所示。由于此仿真模型中的水源只限压不限流,实际管网的水源既限压又限流,故实际中的压力影响更大。

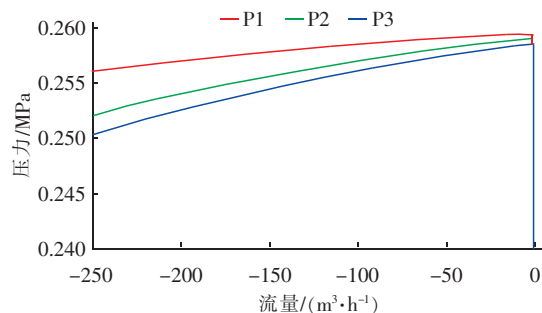


图4 仿真模拟条件下压力变化趋势

Fig. 4 Pressure trend under simulated conditions

通过模拟可以看出水泵直抽对市政管网的影响:随着流量增加,水头损失也逐渐增大,导致市政

管网压力减小。以清华苑小区作为研究对象,该小区为多层及高层建筑,多层全部为市政压力直供,7层以上全部由地下室加压泵站加压供水。在用水高峰时段该小区的最低服务压力为0.15 MPa,无法满足4层以上住户的压力。在23:00—01:00时间段,用水量少,加压设备启动次数少,该小区的市政压力维持在0.19 MPa。通过仿真模拟并结合实际工况,可以确定二次加压供水方式对老城区管网压力造成了不良影响。

3 应对措施

二次加压供水技术伴随着城市的发展变得愈加重要,但二次供水设施数量的增加会让以前供水系统所需要的水池水箱大大减少,因此不能有效调节流量,造成用水高峰时期水量供应不上。

3.1 管网无负压供水

目前被广泛应用于高层供水的管网无负压设备具有节省电耗、占地面积小以及无污染等诸多优点,深受开发商和物业管理者的青睐。但是由于无负压供水设备的技术标准没有统一,导致很多不符合实际要求的供水设备被投入使用^[2]。在用水高峰时期,不合格的管网无负压供水水泵直接大流量地从城市既有给水管道中抽取该区域用户所需要的水量,导致该区域给水管道的压力急剧降低,对城市给水管网冲击很大,严重影响了该区域多层直供住户的正常用水。与此同时,给水管网压力波动过大会引起水锤,发生爆管的可能性变大,使城市给水管网的安全运转受到影响。针对不合格的管网无负压供水水泵在用水高峰期从城市给水管网直接大流量抽取的问题,可以采用以下措施来降低影响:

短期有效缓解措施:①在高层无负压供水进水口处设置减压孔板,减小进水瞬时流量,降低对管网压力的冲击;②适当关闭二次供水进水口处阀门。

长期解决措施:①在申请使用管网无负压供水设备前,应根据该区域实际用水情况并结合设计规范合理确定综合用水的时变化系数,核算该区域用户的需水量,只有当该区域用户的需水量比城市给水管道的供水能力低时,才能设计和使用管网无负压供水设备;②对于无负压供水方式制定相应的准入门槛,针对当前现有管网无负压设备进行彻底排查分析,对不合格的无负压设备责令其进行更换;③优化二次供水与一次供水之间的水力协同,严格控制无负压设备吸水管的管径和流速,在给水管网压

力波动大的区域禁止使用管网无负压设备。

3.2 变频水箱供水

当前高层住宅小区使用变频水箱加压供水较为普遍,其工作原理是给水管网里的压力水先进入水箱,然后让水泵从水箱中抽水,这种方式释放了一部分能量,因此理论上对管网压力冲击较小。但是通过调查发现这种供水方式对管网仍会有较大影响,究其原因,一是由于实际运行过程中存在部分高层住宅小区的变频水箱的进水管管径不符合规范要求,导致水箱进水在用水高峰时期瞬时流量过大,泄压严重;二是因为水箱始终处于高水位,死库容基本无水量调节作用,更致命的是浮球阀频繁启闭,瞬时开启和关闭进水,水压波动大。

变频水箱问题解决措施:①减小生活水箱进水管管径。在保证用户正常用水的情况下可以在水箱引入管的适当位置采取小口径管嘴限流或者安装孔板;调整水箱引入管的阀门开启度,使变频水箱的进水量为高层住宅小区加压户数的最高日平均时用水量的1.5倍。②水箱内浮球阀更换为液压水位控制阀。相对于浮球阀,液压水位控制阀的启闭具有一定的滞后性,可以使进水管上压力的变化在几秒钟内缓慢完成,能有效降低加压设备对给水管网压力的影响。③建议在水箱进水管上安装信号蝶阀,根据液位变化,远传控制蝶阀的开启度。

3.3 工程应用

选取清华苑、世纪金苑、宏宇城进行改造,并监测这3个小区在不同用水时段的压力值,结果见表1。可以看出,改造后压力分布有了明显变化,在用水高峰时期,水压提高了3 m左右,在正常时刻,水压较改造前也有升高,小区压力更均衡。

表1 改造前、后不同用水时段压力监测值

Tab.1 Pressure of different periods before and after transformation m

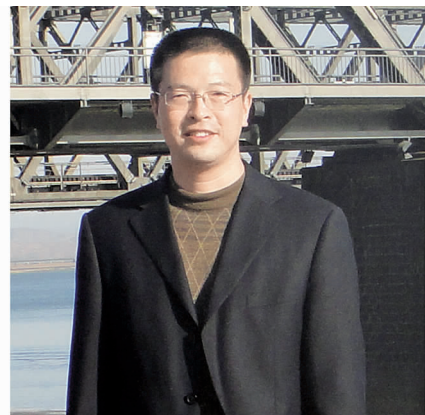
项 目		低峰时刻 (03:00)	高峰时刻 (09:00)	正常时刻 (18:00)
清华苑	改造前	19.40	21.85	22.01
	改造后	19.38	24.50	23.54
世纪金苑	改造前	18.63	21.69	20.28
	改造后	18.63	23.19	19.75
宏宇城	改造前	19.51	22.81	21.69
	改造后	19.57	24.63	22.75

4 结论

针对北方某市存在的供水低压问题,利用现有监测数据和水力模拟进行压降分析,发现是由于二次供水设备不符合要求且过于集中而导致的市政管网压力过低。针对这一问题,提出了关于无负压供水和变频水箱供水的二次供水设施的应对举措。对该市老城区清华苑、世纪金苑及宏宇城等小区的二次供水设施进行改造后,用水状况得到了明显改善。在用水高峰时段直供区的供水状况也有所缓解,从而合理利用了市政压力,保障了供水质量。

参考文献:

- [1] 刘年东,杜坤,李贤胜,等. 低压供水管网水力分析研究进展[J]. 中国给水排水,2017,33(7):63-67.
Liu Niandong, Du Kun, Li Xiansheng, et al. Research progress of hydraulic analysis of water distribution system under pressure deficient condition [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(7): 63-67 (in Chinese).
- [2] 邓佑锋,许仕荣,徐洪福. 管网叠压供水与市政供水管网的相互影响研究[J]. 中国给水排水,2012,28(17):52-55.
Deng Youfeng, Xu Shirong, Xu Hongfu. Interaction between network pressure-superposed water supply and municipal network [J]. China Water & Wastewater, 2012, 28(17): 52-55 (in Chinese).



作者简介:王彤(1965-),男,陕西汉中,硕士,副教授,研究方向为给排水系统优化及人工湿地。

E-mail: wangt@chd.edu.cn

收稿日期:2018-01-12