

供水管道压力调控对漏水量影响的试验研究

吴 珊¹, 刘彦辉², 张申海¹, 王维燕¹, 马则中²

(1. 北京工业大学建筑工程学院, 北京 100022; 2. 北京市自来水集团公司供水分公司, 北京 100034)

摘要 在某城市供水管网中, 以消火栓模拟管道漏水点, 利用减压阀在供水高压区进行管道压力调控, 分析不同管径的管道压力变化对漏水量的影响, 以及不同减压区间的漏水率降低效果。试验结果表明, 压力管理是一种行之有效的漏损主动控制方法, 利用减压方式供水在优化管网运行条件的同时, 可以有效地减少管网漏水量, 漏水量与管道压力呈指数规律变化, 该指数随减压阀所安装管道的直径不同而异, 降压减漏效果对相同管径的管道在高压区更有效, 而对基本相同的压力降压范围, 管径越大效果越明显。实际操作中采用何种减压方式及降压范围和管段须结合管网具体情况优化选择。

关键词 供水管网; 漏水量; 管道压力; 压力调控

中图分类号: TV672⁺.2

文献标识码: A

文章编号: 1006-764X(2007)03-0027-03

Experimental study on influences of pressure regulation and control in water supply pipes on volume of water leakage // WU Shan¹, LIU Yan-hui², ZHANG Shen-hai¹, WANG Wei-yan¹, MA Ze-zhong² (1. College of Architecture Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China; 2. Water Supply Branch of Beijing Waterworks Group, Beijing 100034, China)

Abstract : With hydrants taken for leakage point simulation and relief valves used for pile pressure regulation and control in high-pressure areas in an urban water supply network, the influences of pressure variation in pipes with different diameters on the volume of water leakage and the effect of pressure relief range on the decrease of water leakage rate were analyzed. Test results show that the pressure regulation and control is an effective active method for water leakage control. The adoption of relief valves decreased the water supply pressure and optimized the operational condition of pipes, and further effectively decreased the volume of water leakage. The volume of water leakage is of an exponential relationship with the pressure in pipes, and the exponent value varies with the diameter of pipes installed with relief valves. The effect of pressure relief and leakage control of water supply pipes of the same diameter is better in high pressure region, however, as for the same pressure and pressure relief range, the greater the pipe diameter, the better the effect of pressure relief and leakage control. Moreover, the method of pressure relief as well as rational range and pipe section should be optimally chosen based on the practical situation.

Key words : water supply network; volume of water leakage; pressure in pipeline; pressure regulation and control

供水管网是“城市的生命线”, 其维护管理水平直接影响市民的日常生活及企业的生产和效益, 其正常高效运行是现代化城市正常运转的保证。据供水统计年鉴^[1], 2000 年全国 593 个城市的供水总量为 280.13 亿 t, 管网漏损率平均为 15.61%, 漏水量为 43.74 亿 t。以平均供水成本 1.10 元/t 计, 全国 2000 年因漏损而造成的经济损失达 48.11 亿元。加强对管网漏损的主动管理、减少漏损对供水企业提高经济效益和服务质量, 以及改善企业的社会形象都具有非常积极的作用^[2]。压力管理是主动漏损控制的主要方法之一, 可在确保供水管网压力满足服务需求的前提下减少管网的漏损, 包括降低爆管发

生率, 减少明漏或暗漏出现频率, 延长管网设施工作寿命。国际供水协会的试验证实了压力管理可有效地减少供水管网的漏水量, 且实施压力控制后可使管网的工作压力变得更加均匀, 有利于优化管网运行条件, 但目前只有少数国家对供水管网进行了具有前瞻性的压力管理, 相当一部分国家没有进行任何出于漏损控制需求的压力管理^[3]。

研究表明压力 P 与漏水量 q 的关系可以表示为 $q = f(P^{N_1})$, 式中指数 N_1 随着漏孔面积的不同而变化, 但对于相同尺寸的漏孔, N_1 随压力的变化情况还未见报道。本文旨在我国实际的管网管理中, 探讨局部减压的管理方式对降低管道漏损的作用,

并寻求经济合理的压力控制范围。

1 供水管网概况

本试验研究所涉及的某城市供水管网,北部地区供水压力过高 ($P > 0.4 \text{ MPa}$),不仅使附近用户用水受到影响,而且该区域管网漏水量增加,易使管道产生破坏。由于该城市供水水源的位置与管网铺设的特殊情况,不宜采取降低出厂水压的方式进行调节,只能采用局部降压的方法。另外,考虑到管径、工作压力范围不同,管网漏水量与压力的关系也会有所不同。为了更准确地了解所研究管网的管道压力对漏水量的影响程度,寻找比较经济的压力控制范围,在保证正常供水压力的前提下最大限度地减少漏损,决定在管网高压区域进行现场试验研究。

2 试验方法

试验采用在高压区域进口管线安装减压阀调节压力,用降压区内消火栓模拟漏水点的方法进行。在城北初选了数十个高压区域,经现场察看结合试验条件最终确定了3个区域作为试验研究对象,均能满足减压阀的安装条件,3个区域进水管管道管径不同且在安装减压阀附近有消火栓。为保证主干线压力恒定,在3个区域的进水管上分别安装可调减压阀,各试验区域进水管管道管径分别为200 mm,300 mm和400 mm,消火栓适度开启模拟漏水点。试验中保持消火栓开度不变(漏水点面积不变),调节减压阀以改变管道压力,通过测定和分析同一消火栓在不同压力下的出流量来探讨供水管道压力对不同管径的管道漏水量的影响。

减压阀选用可调式隔膜型水利控制阀,由主阀、针阀、减压先导阀、压力表及附件等组成。工作时首先由先导阀膜片感应进口压力并传给主阀控制器,主阀控制器对感应信号做出相应反应,调整主阀的开启度,以保持出口压力恒定,感应信号为实时传送,因而可及时改变主阀开启度,始终保持出口压力等于设定值。该阀特点是进、出口端均配有压力表,方便观察和调节压力;出口压力可由先导阀根据现场需要随时调整设定;无论进口压力和下游流量如何波动变化,出口压力均可自动始终保持恒定。

试验过程中,保持减压阀出口压力不变,并将此值近似作为消火栓处压力,测定并记录消火栓的流量,然后依次将压力降低到不同的数值测定同一点的漏水量。每次压降重复进行3次平行试验,取平行试验数据的平均值作为此压力下该漏水点的漏水量。

3 试验数据整理与分析

表1为各试验区域资料和试验结果。

表1 试验区域资料和试验结果

试验区域	管径/ mm	管道压力/ MPa	漏水量/($\text{mL}\cdot\text{s}^{-1}$)			平均值/ ($\text{mL}\cdot\text{s}^{-1}$)
			试验1	试验2	试验3	
—	200	0.30	93.27	92.23	93.17	92.89
	200	0.35	100.36	100.04	101.09	100.50
	200	0.40	109.01	108.57	109.76	109.11
	200	0.45	117.83	119.69	119.29	118.94
	200	0.50	129.96	134.56	130.61	131.71
二	300	0.25	47.08	46.92	46.51	46.84
	300	0.30	51.53	50.98	51.21	51.24
	300	0.35	59.54	59.83	58.38	59.25
	300	0.45	72.18	71.34	74.09	72.54
三	400	0.20	15.50	16.68	18.14	16.77
	400	0.25	17.13	21.56	22.99	20.56
	400	0.32	25.78	28.70	28.26	27.58
	400	0.40	38.42	39.47	40.21	39.37

对表1中压力和模拟漏水点的漏水量进行数据拟合分析,得出各试验区域管道压力与漏水量的关系为

试验区域一 $q = 205.95 P^{0.67}$ (1)

试验区域二 $q = 132.08 P^{0.76}$ (2)

试验区域三 $q = 116.37 P^{1.23}$ (3)

式中: q 为漏水点漏水量, mL/s ; P 为管道压力, MPa 。

表2为各试验区域随着压力降低的区间的不同,漏损率(漏水量减少的百分比)的变化情况。在相对低压的范围内,漏水量随着压力降低而减少的百分比小于在相对高压的范围内的数值,且3个试验区域表现出基本相似的规律。此外,减压阀所安装的管道管径越大,压力下降引起的漏水量减少的幅度越大。

表2 不同压力区间漏损率变化数据

试验区域一 (管径 200 mm)		试验区域二 (管径 300 mm)		试验区域三 (管径 400 mm)	
压力 变化/MPa	漏损率/ %	压力 变化/MPa	漏损率/ %	压力 变化/MPa	漏损率/ %
0.35 ~ 0.30	7.57	0.30 ~ 0.25	8.59	0.25 ~ 0.20	18.42
0.40 ~ 0.35	7.89	0.35 ~ 0.30	13.52	0.32 ~ 0.25	25.45
0.45 ~ 0.40	8.26	0.45 ~ 0.35	18.32	0.40 ~ 0.32	29.95
0.50 ~ 0.45	9.70				

4 试验结果分析

前已述及,管道压力 P 与漏水量 q 的关系可以表示为 $q = f(P^{N_1})$,式中指数 N_1 在0.5(漏孔面积不变)到1.5(漏孔有效面积随着压力发生变化)之间变化。通过对现场试验数据的分析可知,在漏水点面积不变的情况下(认为开度一定的消火栓所模拟的漏水点的漏孔面积基本不变),指数 N_1 随着减压阀所安装管道的管径的不同而变化,即 $N_1 = f(\varnothing)$, $\varnothing$ 为减压阀所安装的管道直径。由式(1)~(3)管径为200 mm,300 mm,400 mm时, N_1 分别为

0.67 0.76 和 1.23。由此得出减压阀所安装的管道直径对压力与漏水量的关系具有较大影响,管径越大,压力变化对漏水量的影响越大。这点还可以从表 2 中得到说明:压力从 0.35 MPa 调节到 0.30 MPa,试验区域一的漏水量减少了 7.57%,试验区域二的漏水量减少了 13.52%,试验区域三虽然没有完全一致的对应数据,但当压力从 0.32 MPa 降低到 0.25 MPa 时,漏水量减少了 25.45%。因此,从实施减压措施的经济性出发,在大管径管道上进行压力管理对减少漏水更有效。而且,一般如果上游管道的压力降低了,下游的也会随之有所降低。

根据本试验的研究成果,目前已经在该管网北部高压区供水干线(管径 600 mm)上安装了减压阀,对较大区域范围进行降压供水,取得了较为显著的经济效益和社会效益。

由表 2 可知,随着压力绝对值的降低,漏水量减小的幅度也在不同程度地下降。以试验区域一为例,当压力从 0.50 MPa 降低到 0.45 MPa 时,漏水量减少了 9.70%;而当压力从 0.35 MPa 降低到 0.30 MPa 时,漏水量只减少 7.57%。在试验区域二和三也表现出类似的规律。据此可以初步总结得出,降压减少漏水量的经济性是有一定限度的,压力绝对值越高,降压节水的经济效果越明显。另一方面,考虑到管网压力降低过多可能会引起局部服务压力不能满足需求,因此,降压管理的压力下调幅度应综合考虑服务区域的压力需求和降压对漏水量的影响程度,最好通过试验或水力模型的模拟计算选择一个适宜的范围,从而兼顾服务质量和漏损管理的经济性。

本研究所采用的通过在供水管网高压区域安装减压阀降低局部压力的方法,虽然可以实现对管网漏水量的控制,但从节能的角度实际上并没有减少系统的能耗。国内有学者认为^[4],这种方法对有高地水池或水塔而无水泵的管网,特别是无调速泵的管网是经济有效的。如果在有水泵调节的管网中采用,虽然在理论上可行,但局部水头损失的加大和减压阀昂贵的价格使其失去经济上的可行性。另外,在减压阀控制下,有时某些管段内流速几乎为零,对供水水质非常不利,且其所产生的较大局部水头损失也会影响管道的寿命。因此,对于某一管网系统是否适合采用安装减压阀的方式进行压力控制和降低漏耗,需要进行全面的分析和经济比较。

5 结 论

a. 3 个试验区域的试验结果表明,利用减压阀

降低供水压力在优化管网运行条件的同时,可以起到有效减少管网漏水量的作用。

b. 在本试验的研究条件下,当漏水面积一定时,漏水量 q 与供水压力 P 呈指数规律变化,该指数与减压阀所安装管道的直径有关,当管径分别为 200 mm、300 mm、400 mm 时,指数依次为 0.67、0.76 和 1.23。管道管径越大,降压减漏效果越明显。因此,在相对大管径的管道上进行压力管理对减少漏水更有效。

c. 在 3 个试验区域内,当进水管道压力降低后,各模拟漏水点的漏水量都有不同程度的减少,但当压力绝对值降低到一定程度后,漏水量随压降减小的幅度有所下降。同样的管径,相对高压区的降压减漏效果比中低压区好。

d. 对管网进行压力管理可以有效地降低漏损,但是采用何种方式以及如何确定经济合理的降压范围和管段必须要结合管网具体情况来优化选择,必要时可借助水力模型模拟计算与现场试验相结合的手段来确定。

参考文献:

[1] 中国城镇供水协会. 2000 年城市供水统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2001.
[2] 耿为民, 刘遂庆, 信昆仑. 给水管网漏损检测周期的优化求解[J]. 同济大学学报, 2004, 32(4): 451-454.
[3] IWA task force. Managing leakage by managing pressure: a practical approach[J]. Water 21, 2003, 10: 43-44.
[4] 田林, 张宏伟, 牛志广, 等. 应用自控阀控制给水管网漏损的研究[J]. 中国给水排水, 2004, 20(3): 12-15.

(收稿日期: 2007-01-25 编辑: 骆超)

· 简讯 ·

第三届亚洲非饱和土学术会议在河海大学召开

2007 年 4 月 21 ~ 23 日第三届亚洲非饱和土学术会议在河海大学召开。本届会议在国际土力学与岩土工程协会 (ISSMGE) 非饱和土专业委员会 (TC6) 的支持下召开, 是继新加坡、日本举办的第一届、第二届亚洲非饱和土学术会议后该领域的又一次盛会。来自 20 多个国家和地区的 100 余名专家学者参加了大会。会议共安排了 3 个主题报告, 6 个邀请报告, 交流学术论文 80 余篇。与会代表围绕非饱和土基本特性、测试技术与现场监测、膨胀土与黄土等特殊土、边坡稳定、废弃物处置与污染物扩散等方面问题进行了广泛的学术交流和讨论。会议期间, 代表们还参观了河海大学岩土工程实验室和南京水利科学研究院铁心桥实验基地。经过 TC6 委员会讨论, 下一届亚洲非饱和土学术大会将在澳大利亚纽卡斯尔大学召开。 (本刊编辑部供稿)