

# 管网压力变化对淋浴器节水性能的影响

李济源<sup>1</sup>, 司琦<sup>2</sup>, 管清坤<sup>3</sup>, 张明<sup>1</sup>, 吕鑑<sup>4</sup>

(1. 安徽工程大学 建筑工程学院, 安徽 芜湖 241000; 2. 北京林业大学 总务与产业管理处, 北京 100083; 3. 北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京 100082; 4. 北京工业大学 建筑工程学院, 北京 100124)

**摘要:** 根据北方某市用水器具市场的调研情况选取了10种淋浴器,利用开发的新型测试装置对淋浴器节水性能进行测试,并研究了淋浴器在不同管网压力下的出流量。结果表明:10个淋浴器中只有3个满足节水型器具规范要求,其中单功能淋浴器4<sup>#</sup>喷头的压力波动对出流量影响较小、6<sup>#</sup>喷头的压力波动对出流量影响较大,多功能淋浴器中1<sup>#</sup>淋浴器的最佳使用压力为0.10~0.12 MPa;对于单功能淋浴器和多功能淋浴器,当管网压力分别大于0.10、0.15 MPa时不满足节水型器具要求,且出水压力过大会造成水资源的浪费,应设置减压装置。在实际工程中选择淋浴器需考虑淋浴器自身出水孔数量、有效出水面积与出水孔直径等参数。

**关键词:** 淋浴器; 出流量; 管网压力; 节水性能

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2019)15-0063-05

## Influence of Pipe Network Pressure on Water-saving Performance of Shower

LI Ji-yuan<sup>1</sup>, SI Qi<sup>2</sup>, GUAN Qing-kun<sup>3</sup>, ZHANG Ming<sup>1</sup>, LÜ Jian<sup>4</sup>

(1. School of Architecture and Civil Engineering, Anhui Polytechnic University, Wuhu 241000, China; 2. Division of General Affairs and Property Administration, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 3. Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Beijing 100082, China; 4. School of Architecture and Civil Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

**Abstract:** Using a new testing device, ten types of shower were selected to examine the water-saving performance and outflow rate at various pressures of the pipe network. The results showed that only three showers met the water-saving standards. Shower 4<sup>#</sup> was less sensitive to water pressure, but shower 6<sup>#</sup> was more sensitive. The optimal pressure for shower 1<sup>#</sup> was 0.10-0.12 MPa. In addition, when the pressure for monofunctional and multifunctional shower were greater than 0.10 MPa and 0.15 MPa, respectively, the showers couldn't meet the standards of water-saving appliance. Excessive pressure resulted in waste of water, so pressure-relief devices were needed for the aforementioned showers. The number of outlet holes, the effective flow area, and the diameter of orifice should be considered in practical engineering.

**Key words:** shower; outflow rate; pipe network pressure; water-saving performance

基金项目: 江苏省“青蓝工程”优秀青年骨干教师项目(苏教师[2012]39号); 安徽省高等教育提升计划省级自然科学研究项目(TSKJ2015B08)

我国水资源分布极其不均,南北差异较大,被列为人均水资源贫乏的国家之一。城市人口剧增、生态环境恶化<sup>[1]</sup>、工农业用水技术落后、浪费严重、水源污染等进一步加剧了水资源贫乏的现状,成为制约国民经济发展的瓶颈。我国推广了很多节水器具,如水龙头、淋浴器、冲洗阀等,在建筑给排水中,淋浴器是最常见的配水装置,淋浴器的节水性能研究对建筑节能有着重要意义<sup>[2-6]</sup>。笔者通过调研北方某市用水器具市场上出售的淋浴器性能、品牌、价格、节水原理、相应市场占有率等情况,选择目前市场上覆盖面广、占有率大、人们购买率高、不同价格的淋浴器进行节水性能验证和不同压力下的流量、流态测试。试验共选定了价格在50~2 000元之间的10种淋浴器,包括5种单功能淋浴器(3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>、6<sup>#</sup>、7<sup>#</sup>、10<sup>#</sup>)和5种多功能淋浴器(1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>、8<sup>#</sup>、9<sup>#</sup>),其中5<sup>#</sup>为淋浴花洒盘,只有1种花洒出水形式,因为它有两个档位,档位虽不改变出水形式,但会改变出水量,即在相同的压力下“+”档出水量大、“-”档出水量小,因此将其归为多功能花洒。

## 1 试验装置及方法

### 1.1 试验装置

试验利用北京工业大学建筑给水排水实验室的流态分析仪(专利号:ZL201020136582),并辅以其他装置进行测试分析,见图1。

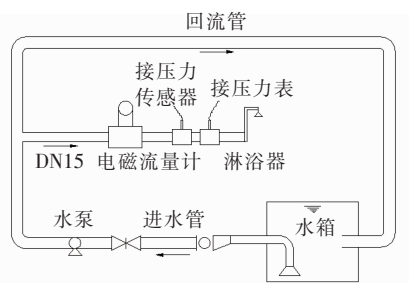


图1 测试装置示意

Fig.1 Schematic diagram of test device

用水器具前的配水支管为DN15镀锌钢管。水箱是整个系统的水源,用水器具的出水最终也回流到水箱以节约用水。变频水泵连续变频和手动阀门共同调节实现精确控制淋浴器测试所需压力,变频调速水泵(扬程分别为60、30 m)分别为测试提供高压(>0.2 MPa)和低压(≤0.2 MPa)。电磁流量计(精确度为5%)、压力传感器(精确度为2.5%)分别用于测定淋浴器的出流量及引入压力,采集的最

小周期为1/20 s。对每个淋浴器进行3组平行试验,证明试验装置能够满足要求。

### 1.2 试验方法

试验方法和步骤:①以直径为15 mm管件连通淋浴器和通水试验系统;②通水使淋浴阀打开,淋浴器处于使用状态;③调节淋浴器进水口压力;④测定单位时间的流量值。

测试时首先启动变频水泵,然后将淋浴器完全开启,此时淋浴器引入压力可在测试软件上显示,同时通过变频水泵连续变频和调节手动阀门将淋浴器引入压力值调节到所需测试压力值,待水流稳定后开始采集数据。

## 2 淋浴器在0.10 MPa压力下的出流量

供水压力为0.10 MPa时淋浴器出流量见图2。

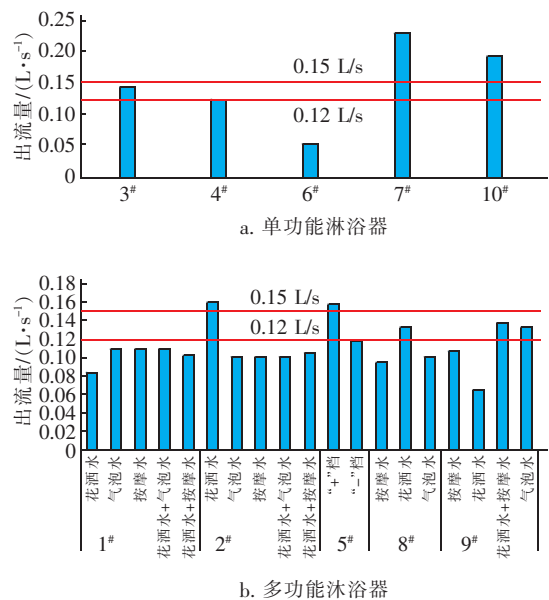


图2 淋浴器在0.10 MPa压力下的出流量

Fig.2 Outflow rate of shower under pressure of 0.10 MPa

《淋浴器用水效率限定值及用水效率等级》(GB 28378—2012)中4.5条规定:在(0.10±0.01) MPa动压下,淋浴器用水效率限定值为用水效率等级的3级,最大流量不大于0.15 L/s;《节水型生活用水器具》(CJ/T 164—2014)中5.5.2.2条规定:在(0.10±0.01) MPa动压下,节水型器具最大流量不大于0.12 L/s。

由图2(a)可知,在(0.10±0.01) MPa动压下,单功能淋浴器中的3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>、6<sup>#</sup>出流量<0.15 L/s,符合《淋浴器用水效率限定值及用水效率等级》标准;但只有4<sup>#</sup>、6<sup>#</sup>出流量≤0.12 L/s,符合《节水型生活

用水器具》标准。7<sup>#</sup>和10<sup>#</sup>淋浴器的出流量均大于0.15 L/s,不符合相应规定。在(0.10±0.01) MPa动压下,4<sup>#</sup>淋浴器内部因具备减压稳压结构,出流量<0.15 L/s,并且具备水、气结合装置,在出水时吸入空气,可以在不影响使用者正常使用的同时降低出流量,达到节约用水的目的;而7<sup>#</sup>淋浴器内部因不具备有效的减压稳压结构,出流量过大,造成一定的水资源浪费。因此,在0.10 MPa压力下,具有减压稳压结构淋浴器的出流量明显小于不具备减压稳压结构的淋浴器。10<sup>#</sup>淋浴器由于盘面较大,出水口较多,虽有减压稳压结构,但出流量仍高于标准上限。

由图2(b)可知,在(0.10±0.01) MPa动压下,大多数多功能淋浴器的所有档位出流量符合《淋浴器用水效率限定值及用水效率等级》标准,只有2<sup>#</sup>的花洒水和5<sup>#</sup>的“+”档出流量高于0.15 L/s;根据《节水型生活用水器具》标准,2<sup>#</sup>的花洒水、5<sup>#</sup>的“+”档出水、8<sup>#</sup>的花洒水和9<sup>#</sup>的花洒水+按摩水以及气泡水不符合节水型淋浴器规定。

### 3 淋浴器在不同压力下的出流特性

根据《全国民用建筑工程设计技术措施》《住宅建筑规范》等的规定,对淋浴器在不同压力下的出流量进行测试,测试压力为0.05~0.45 MPa。图3为单功能淋浴器在不同压力下的出流曲线。

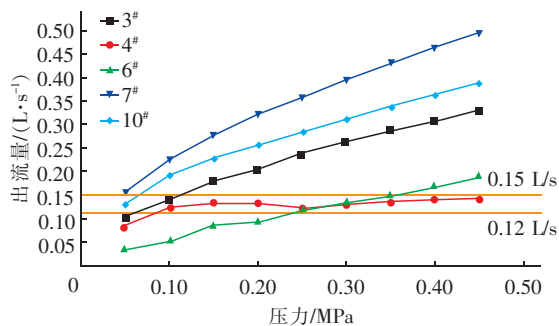


图3 单功能淋浴器在不同压力下的出流曲线

Fig.3 Outflow curve of monofunctional shower under different pressure

在0.10 MPa动压下,单功能淋浴器中只有4<sup>#</sup>(手持气泡花洒)和6<sup>#</sup>(单功能过滤型花洒)满足节水标准,其他均不同程度地存在出流量过大、浪费水资源的情况。其中6<sup>#</sup>喷头在0.10 MPa动压下,出流量<0.08 L/s,符合1级出水,故满足节水型淋浴器及淋浴器用水限定标准;但是6<sup>#</sup>喷头出流量曲线变化较大,压力波动对其出流量影响较大,当压力大于0.35 MPa时出流量超过淋浴器限定标准(>0.15

L/s)。在0.05~0.45 MPa的压力波动下,4<sup>#</sup>喷头出流量在0.15 L/s左右,且曲线比较平稳,说明压力波动对4<sup>#</sup>喷头出流量的影响较小,当压力>0.10 MPa时出流量几乎不受压力变化的影响,这是因为其在出水过程中可将气泡带入水中,使出水柔中带劲,在带来舒适淋浴体验的同时还能大大减少出水量,该淋浴器的进水压力要求为0.05~0.45 MPa。

在实际工程设计时,为满足最不利点在用水高峰期时的用水需求往往需要增加水压,这也就造成了压力分区的低层超压出流现象更加严重,不仅浪费了能源也浪费了水资源。而3<sup>#</sup>喷头和10<sup>#</sup>花洒盘在流量达到额定流量0.15 L/s时的压力分别为0.10、0.07 MPa,可见即使在用水高峰期,分区的最不利点出现压力不足时也不会出现用水不足的情况,但在用水低谷压力增大时,这两种花洒的出流量也上升较快,即超压时会造成大量的水资源流失。本研究认为,保证低压时水量满足用水要求,高压时不会超压出流,在做到节水的同时又节约能源,如4<sup>#</sup>喷头,在既有建筑中更换此种淋浴器可实现节水而不用安装减压装置。

图4为1<sup>#</sup>多功能淋浴器各出水模式的流量曲线。1<sup>#</sup>喷头共分为5种出水模式,分别是花洒形式出水、气泡形式出水、按摩形式出水、花洒+气泡形式出水和花洒+按摩形式出水。可以看出,各模式下出流量随压力的增大而增大,并且出水动压在约大于0.22 MPa时,出流量不再满足《淋浴器用水效率限定值及用水效率等级》标准;当出水压力>0.12 MPa时出流量不再满足《节水型生活用水器具》标准。因此,本研究认为1<sup>#</sup>淋浴器的最佳使用压力为0.10~0.12 MPa。

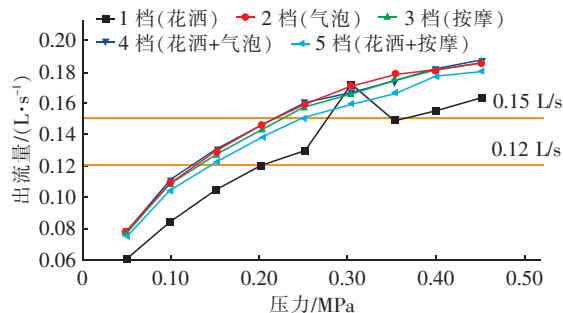


图4 1<sup>#</sup>多功能淋浴器各档位在不同压力下的出流曲线

Fig.4 Outflow curve of every gear mode for 1<sup>#</sup> multifunctional shower under different pressures

与1<sup>#</sup>喷头相同,2<sup>#</sup>多功能淋浴器喷头同样分为

5种出水模式。试验结果表明,花洒形式出流量与1#喷头不一致,其流量大且随着压力的增大而变化较大,当压力不到0.10 MPa时,出流量就已经达到了0.15 L/s,超过《淋浴器用水效率限定值及用水效率等级》规定的出流上限,而2、3、4、5档和1#喷头对应各档位的出流曲线基本相同。因此,本研究认为2#喷头2、3、4、5档的最佳使用压力为0.08~0.13 MPa(节水型器具规范中规定其流量范围为 $0.08 \text{ L/s} < Q \leq 0.12 \text{ L/s}$ )。

5#喷头只有1种出水形式,即花洒出水。试验结果表明,“+”档出流量在压力较小时也相对较大(压力为0.06 MPa时出流量约为0.12 L/s),而“-”档在压力为0.10 MPa时出流量为0.12 L/s,“+”档和“-”档配合使用可以适应一定的压力变化而不会造成水资源的浪费,但是该花洒不能满足大跨度的压力变化。因此,本研究认为5#喷头的最佳使用压力范围为0.05~0.10 MPa。

8#喷头共有3种出水形式,分别是按摩形式、花洒形式和气泡形式。试验结果表明,在相同压力下花洒形式明显比按摩和气泡形式的出流量高,在压力为0.13 MPa时出流量为0.15 L/s,而其他两档出流量仅为0.11 L/s,并且随着压力的增大,出流量的差别越来越大;按摩形式和气泡形式的出流量随压力变化的趋势基本一致,在压力 $\leq 0.23 \text{ MPa}$ 下,出流量一直满足《淋浴器用水效率限定值及用水效率等级》标准;当压力 $\leq 0.15 \text{ MPa}$ 时,出流量一直满足《节水型生活用水器具》标准。因此,本研究认为8#淋浴器的最佳使用压力为0.08~0.15 MPa,在压力较小时使用花洒形式,压力较大时使用按摩形式和气泡形式。

9#喷头共有4种出水形式,分别是按摩形式、花洒形式、花洒+按摩形式和气泡形式。试验结果表明,花洒+按摩形式和气泡形式的出流量变化趋势基本一致,这两种和另外两种形式的出流量在相同压力下差别都较大,并且随着压力的增大差别也越来越大,其中花洒形式在0.05~0.45 MPa下出流量都小于0.15 L/s,但在0.10 MPa下,出流量为0.07 L/s,因此本研究认为该种出水形式不能满足正常使用要求;按摩形式在压力 $\leq 0.13 \text{ MPa}$ 的情况下出流量 $\leq 0.12 \text{ L/s}$ ,符合《节水型生活用水器具》标准对节水型淋浴器出流量的规定;花洒+按摩形式和气泡形式的出流量受压力波动影响最大,所以本研究

认为该喷头的最佳使用压力为0.08~0.13 MPa(使用中不考虑花洒形式出水)。

#### 4 结论

① 通过测试淋浴器在不同压力工况下的出流特性,发现在选取的10个样品中有7个都存在不同程度的超压出流现象,其中单功能淋浴器在0.05~0.45 MPa动压下,4#喷头出流量一直小于0.15 L/s,且在压力较低(0.05 MPa)时出流量仍能满足使用要求,压力对其出流量影响较小,但当压力 $> 0.10 \text{ MPa}$ 时出流量 $> 0.12 \text{ L/s}$ ,不满足节水型器具的要求;6#喷头出流量变化较大,压力波动对其出流量影响较大,当压力 $> 0.25 \text{ MPa}$ 时,出流量超过节水型淋浴器规定,当压力 $> 0.35 \text{ MPa}$ 时出流量超过淋浴器限定标准;1#多功能淋浴器各出水模式下的出流量均随着压力的增大而增大,最佳使用压力为0.10~0.12 MPa。

② 大部分符合《节水型生活用水器具》标准的淋浴器在超压出流(单功能淋浴器压力 $> 0.10 \text{ MPa}$ ,多功能淋浴器压力 $> 0.15 \text{ MPa}$ )时流量也会大于0.12 L/s,说明出水压力过大会造成水资源的浪费,应设置减压装置。

③ 在实际工程中,选择淋浴器需考虑淋浴器本身出水孔数量、有效出水面积、出水孔直径及流量均匀性等多方面因素。

#### 参考文献:

- [1] 曹文平. 水力负荷对内环流蜂窝陶瓷生物反应器去除COD和氨氮的影响[J]. 徐州工程学院学报:自然科学版,2012,27(3):73-77.  
Cao Wenping. The effect of hydraulic load municipal wastewater by ceramic on removal of COD and ammounia-N from using an internal loop bioreactor with honeycomb biocarriers [J]. Journal of Xuzhou Institute of Technology: Natural Sciences Edition, 2012, 27(3): 73-77 (in Chinese).
- [2] 王若竹,莫畏,钱永梅. 节水及水资源利用措施在绿色建筑中的应用[J]. 中国给水排水,2009,25(14):22-24.  
Wang Ruozhu, Mo Wei, Qian Yongmei. Application of measures for water saving and water resources utilization in design of green buildings [J]. China Water & Wastewater, 2009, 25(14): 22-24 (in Chinese).
- [3] 潘国庆,刘春华,李育松. 美国绿色建筑认证的节水设



- 计与计算[J]. 中国给水排水,2011,27(22):18-21.
- Pan Guoqing, Liu Chunhua, Li Yusong. Water saving design and calculation for U. S. LEED green building certification[J]. China Water & Wastewater, 2011, 27(22):18-21 (in Chinese).
- [4] 张勤,赵福增. 住宅建筑节能器具的经济评价[J]. 中国给水排水,2007,29(5):123-125.
- Zhang Qin, Zhao Fuzeng. Economic evaluation of water-conservation equipment in residential building[J]. China Water & Wastewater, 2007, 29(5): 123 - 125 (in Chinese).
- [5] 吕鑑,步春峰,赵锂,等. 给水龙头节水性能测试试验研究[J]. 给水排水,2010,36(9):162-165.
- Lü Jian, Bu Chunfeng, Zhao Li, *et al.* Performance tests on the tap water-saving characteristics [J]. Water & Wastewater Engineering, 2010, 36(9): 162 - 165 (in Chinese).
- [6] 李济源,司琦,管清坤,等. 管网压力变化对冲洗阀节水性能影响研究[J]. 河南城建学院学报,2015,24(2):55-58.

Li Jiuyan, Si Qi, Guan Qingkun, *et al.* Pressure variation of pipe network on water-saving flush valve performance [J]. Journal of Henan University of Urban Construction, 2015, 24(2):55-58 (in Chinese).



作者简介:李济源(1986- ),男,河南新乡人,硕士,讲师,主要从事市政工程及水处理技术研究。

E-mail: lijyuan1986@163.com

收稿日期:2018-12-15

(上接第62页)

- [6] Azimi H, Shabanlou S. The flow pattern in triangular channels along the side weir for subcritical flow regime[J]. Flow Measurement and Instrumentation, 2015, 46 (Part A): 170-178.
- [7] 徐志芳. 带自由表面的快滤池进水渠道三维紊流场数值模拟优化[D]. 镇江:江苏大学,2012.
- Xu Zhifang. Numerical Simulation and Optimization of the Three-dimensional Turbulent Flow in a Rapid Filter with Free Surface[D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2012 (in Chinese).
- [8] 陈义春,李亚林,袁寿其,等. 镇江市金西水厂水利工程问题成因及解决方案[J]. 中国给水排水,2014,30(14):93-96.
- Chen Yichun, Li Yalin, Yuan Shouqi, *et al.* Causes and solutions to hydraulic problems at Zhenjiang Jinxi Waterworks[J]. China Water & Wastewater, 2014, 30(14):93-96 (in Chinese).
- [9] 陈金锥,陈水梯,谢善斌. V型滤池进水渠配水均匀性探讨[J]. 福州大学学报:自然科学版,2005,33(2):240-243.

Chen Jinzhui, Chen Shuidi, Xie Shanbin. A discussion of distributing uniformity in entering trench of V shape filter [J]. Journal of Fuzhou University: Natural Science Edition, 2005, 33(2):240-243 (in Chinese).



作者简介:林慧萍(1993- ),女,福建三明人,硕士研究生,研究方向为水质净化与水污染控制。

E-mail: lhp\_0528@163.com

收稿日期:2018-12-11