

住宅排水卫生安全
保障专题

90°大曲率变径弯头对厨余垃圾排放系统性能影响

张哲^{1,2}, 赵珍仪¹, 吴健铭², 杨鹏辉¹

(1. 国家住宅与居住环境工程技术研究中心, 北京 100044; 2. 重庆大学 城市建设与
环境工程学院, 重庆 400030)

摘要: 采用 DN75 硬聚氯乙烯(PVC-U)伸顶通气系统排放粉碎后厨余垃圾时,低楼层区域出现正压过大的现象是限制该系统排放性能提高的主要原因之一。将底部两个 45° 弯头换成 DN75 × DN110 的 90° 大曲率变径弯头,探究在该情况下,不同高度系统中正压过大的现象是否得到缓解,以提高 DN75 立管系统的排水能力。试验表明,改造后系统最大正、负压明显减小,系统排放性能得到大幅度提高;改造后最大正、负压的绝对值接近,系统最大正压不再是唯一限制厨余垃圾排放系统排放性能的因素。

关键词: 厨余垃圾; 立管; 排放性能; 变径弯头

中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)03-0123-05

Influence of 90° Large-curvature Reducing Elbow on Kitchen Waste Discharge System

ZHANG Zhe^{1,2}, ZHAO Zhen-yi¹, WU Jian-ming², YANG Peng-hui¹

(1. China National Engineering Research Center for Human Settlements, Beijing 100044, China; 2. School of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: When the DN75 PVC-U pipe extended ventilation system is used to discharge the kitchen waste, too high positive pressure at low floor area is one of the main reasons to limit the drainage performance of the system. Two 45° elbows at the bottom were converted into one DN75 × DN110 90° large-curvature reducing elbow to relieve the too high positive pressure in systems with different heights and improve the discharge capacity of DN75 riser system. The results showed that the maximum positive and negative pressures of the system were significantly reduced after modification, and the discharge performance of the system was greatly improved. The absolute values of the maximum positive and negative pressures were close to each other, and the maximum positive pressure would not be the only factor that limited the performance of kitchen waste discharge system.

Key words: kitchen waste; riser; drainage performance; reducing elbow

厨余垃圾排放系统的应用可以改善城市垃圾干湿分离不善的现状。研究发现,在 DN75 伸顶通气

系统中排放厨余垃圾时,立管根部及横干管起端会出现明显的固体垃圾淤积,致使横干管出现明显的水跃,阻碍了管道内空气的流动,导致低楼层正压陡增,降低系统使用的安全性能^[1]。

2009版《建筑给水排水设计规范》(GB 50015—2003)规定排水立管的最小管径为DN75^[2];前期的试验表明:DN110普通单立管系统排放厨余垃圾具有较好的性能,而DN75立管系统压力过大^[3]。为了改善立管管径为DN75的厨余垃圾排放系统的排放性能设计了本试验,在此前DN75测试系统的基础上,将立管与横干管连接处的2个45°弯头(简称为“改造前”)替换成1个特制的DN75×DN110的90°大曲率变径弯头,同时横干管也相应更换成DN110(简称为“改造后”),以期改善立管底部厨余垃圾淤积、正压过大的现象。通过对各层横支管压力的分析,探究此种压力改善措施的效果,并为后续研究提供参考。

1 试验装置及方法

1.1 试验设备及仪器

本次试验采用的主要设备包括某国产厨余垃圾处理器,转速为3 500 r/min,功率为935 W;美国GED Ruck PTX610双向式压力传感器,测量范围为±10 kPa,测量精度为±0.08%,采样周期为20 ms;单格洗涤盆,尺寸为52 cm×38 cm×20 cm;DN50和DN75的PVC-U管, DN110的透明排水塑料管及其连接配件若干;DN75×DN110的90°大曲率变径弯头。试验中采用的其他仪器还包括:电子坡度仪、米尺、秒表、量杯、电子天平等。

1.2 试验装置及安装

本试验在国家住宅工程中心——万科建研中心超高层等比例试验塔上进行,试验中设备、管道及配件的安装情况见图1。伸顶通气系统中的排水立管、横支管均采用硬聚氯乙烯(PVC-U)排水管,横干管采用透明塑料管。试验中横支管与立管采用DN75×DN50斜三通连接,并通过S型存水弯与厨余垃圾处理器相连。横支管管径统一采用DN50,长度为1 m,坡度为2.0%。压力传感器设置在距立管中心500 mm的排水横支管上部。立管顶部设置与立管同径的通气帽。改造前横干管采用2个DN75的45°弯头与立管相连,坡度为2.0%。改造后横干管采用1个DN75×DN110的90°大曲率变径弯头与立管相连,坡度为2.0%。

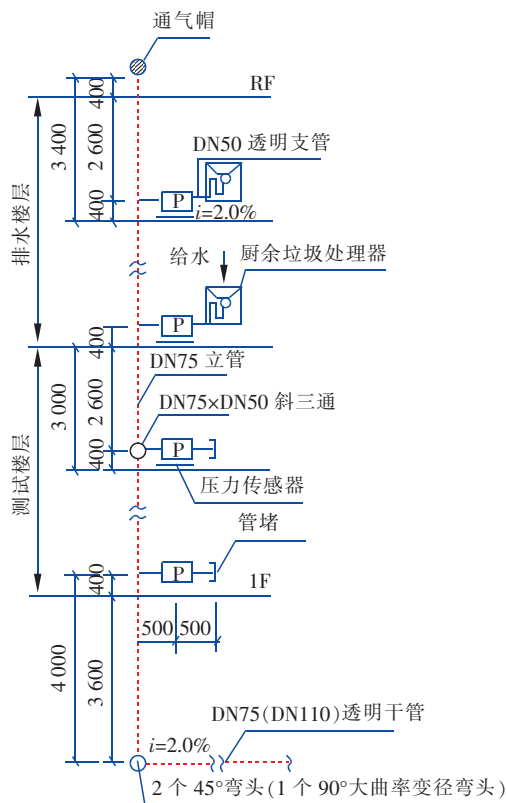


图1 厨余垃圾处理器系统搭建

Fig. 1 Schematic diagram of kitchen waste drainage system

本次试验先进行模拟多层住宅的预试验,考察在11层高的系统中,改造后对系统正压有无缓解效果,以防止直接进行高层试验对系统产生损坏。之后进行三个不同高度的排水系统的研究,考察在改造前后不同建筑高度下立管排放性能的提升情况,分别是:超高层住宅(系统高33层)、高层住宅(系统高25层)和小高层住宅(系统高16层)。

1.3 试验方法

本次试验中采用水龙头连续给水,给水流量设定为0.13 L/s,试验前采用重量法校核。试验分为垃圾混合排放试验(排放垃圾+清水)和清水试验(只排放清水)。一组试验先进行一次垃圾混合排放试验,随后进行一次清水试验。试验过程中,人工控制水龙头和厨余垃圾处理器的启闭,工作时间均为1 min。试验中混合垃圾配比参考日本相关规范,每次投入混合垃圾总量为250 g^[4]。

采用集中负荷排水方式,由系统顶部1层开始排水并逐渐增加同时排水楼层,以±400 Pa作为判定标准,确定系统排放性能。每组试验平行进行三次,取均值作为各排水负荷下系统的最大正、负压。

2 试验结果与分析

2.1 试验结果

2.1.1 多层住宅预试验

多层住宅预试验中,垃圾混合排放试验与清水试验对系统压力的影响见图2。

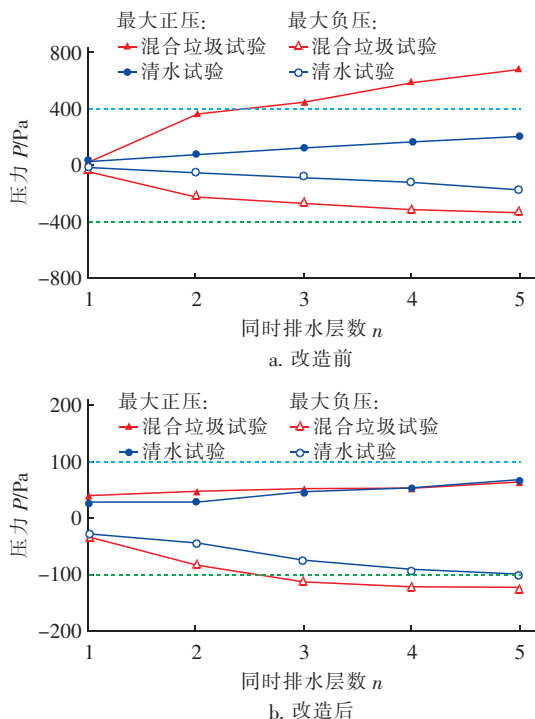


图2 多层住宅改造前后管道压力分布

Fig.2 Distribution of pipeline pressure in multi-story drainage system before and after modification

拟合得到改造前多层住宅排放混合垃圾时最大正压的拟合方程为 $P = -32.607n^2 + 344.09n - 252.1$ ($R^2 = 0.9786$), 最大负压拟合方程为 $P = 23.25n^2 - 207.25n + 136.9$ ($R^2 = 0.9766$); 改造后多层住宅排放混合垃圾时最大正压的拟合方程为 $P = 0.3929n^2 + 4.0929n + 34.3$ ($R^2 = 0.9823$), 最大负压的拟合方程为 $P = 8.0714n^2 - 69.729n + 25.9$ ($R^2 = 0.9956$)。

2.1.2 小高层住宅测试

小高层住宅排水系统中,垃圾混合排放试验与清水试验对系统压力的影响见图3。

拟合得到改造前小高层住宅排放混合垃圾时最大正压的拟合方程为 $P = -36.688n^2 + 492.48n - 389.57$ ($R^2 = 0.9934$), 最大负压的拟合方程为 $P = 36.778n^2 - 368.43n + 275.85$ ($R^2 = 0.9944$); 改造后小高层住宅排放混合垃圾时最大正压的拟合方程

为 $P = -0.4091n^2 + 22.694n - 1.503$ ($R^2 = 0.9998$), 最大负压的拟合方程为 $P = 5.2083n^2 - 73.475n + 36.317$ ($R^2 = 0.9949$)。

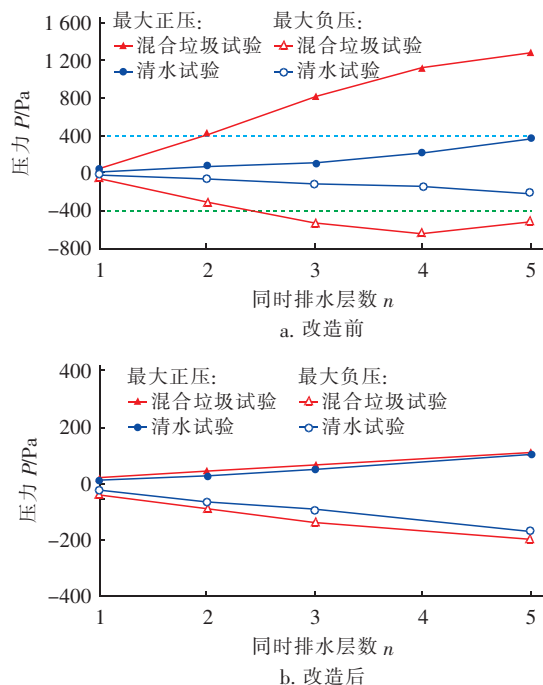
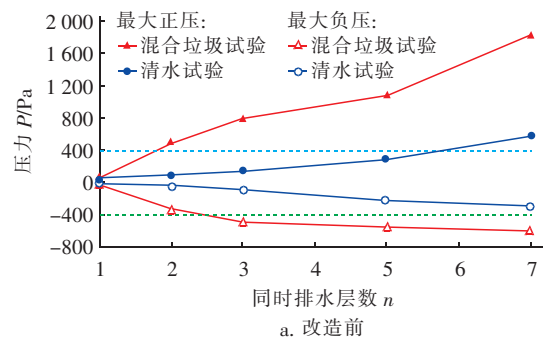


图3 小高层住宅改造前后管道压力分布

Fig.3 Distribution of pipeline pressure in small high-rise drainage system before and after modification

2.1.3 高层住宅测试

高层住宅排水系统中,垃圾混合排放试验与清水试验对系统压力的影响见图4。拟合得到改造前高层住宅排放混合垃圾时最大正压的拟合方程为 $P = 0.0622n^2 + 271.73n - 124.07$ ($R^2 = 0.9730$), 最大负压的拟合方程为 $P = 24.584n^2 - 277.5n + 167.39$ ($R^2 = 0.9380$); 改造后高层住宅排放混合垃圾时最大正压的拟合方程为 $P = 20.419n^2 - 99.687n + 162.83$ ($R^2 = 0.9472$), 最大负压的拟合方程为 $P = -2.6642n^2 - 40.704n + 6.8905$ ($R^2 = 0.9992$)。



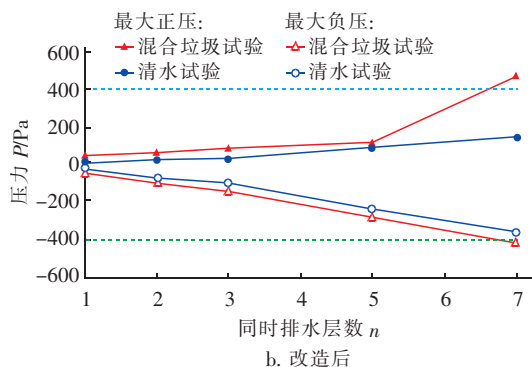


图4 高层住宅改造前后管道压力分布

Fig. 4 Distribution of pipeline pressure in high-rise drainage system before and after modification

2.1.4 超高层住宅测试

超高层住宅排水系统中,垃圾混合排放试验与清水试验对系统压力的影响见图5。

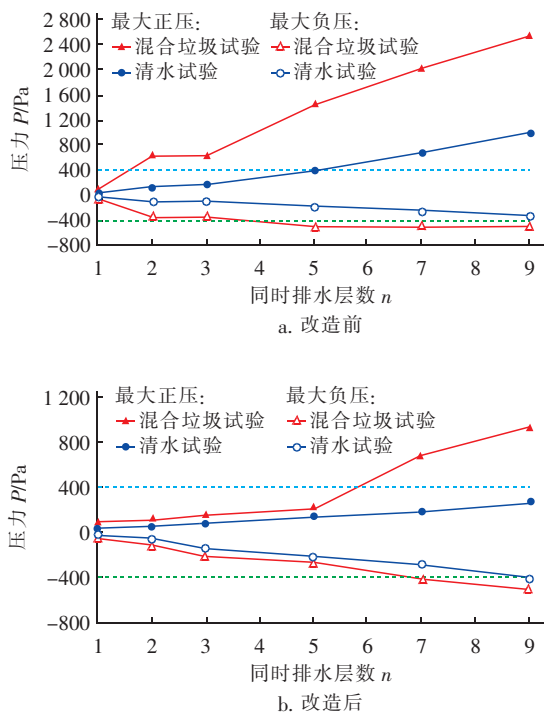


图5 超高层住宅改造前后管道压力分布

Fig. 5 Distribution of pipeline pressure in super high-rise drainage system before and after modification

拟合得到改造前超高层住宅排放混合垃圾时最大正压的拟合方程为 $P = -5.7093n^2 + 356.48n - 230.89$ ($R^2 = 0.9874$), 最大负压的拟合方程为 $P = 12.632n^2 - 168.56n + 33.318$ ($R^2 = 0.8609$); 改造后超高层住宅排放混合垃圾时最大正压的拟合方程为 $P = 13.693n^2 - 26.754n + 100.35$ ($R^2 =$

0.9678), 最大负压的拟合方程为 $P = 0.978n^2 - 66.469n + 12.785$ ($R^2 = 0.9871$)。

2.2 结果分析

由图2可知,在模拟多层住宅的预试验中,改造后,同时排放5层厨余垃圾时最大正、负压均未能超过 ± 200 Pa,远小于判定标准,表明该措施对多层建筑有明显的改善。由预试验结果可以预期该改造措施对缓解系统最大正、负压有一定效果。

由压力拟合方程可知,系统在改造前后,垃圾混合排放时最大正、负压与同时排放楼层数有较好的二次关系, $R^2 > 0.8$, 回归方程具有一定的参考价值。由于排放清水时系统最大正、负压总小于同条件下排放混合垃圾时系统最大正、负压,故此处不单独讨论。

通过对比分析图3~5可得到以下结论:

① 无论是改造前还是改造后,排放性能均呈现超高层 < 高层 < 小高层的规律。试验开始后,厨余垃圾中密度较大的固体物质(如蛋壳和胡萝卜)先于垃圾混合液下落到弯头处,并出现明显的堆积(见图6),但相较于改造前(见图7)已经得到改善。



图6 改造后厨余垃圾固体堆积情况

Fig. 6 Solid kitchen waste accumulation after modification



图7 改造前厨余垃圾固体堆积情况

Fig. 7 Solid kitchen waste accumulation before modification

随着排水楼层的增高,厨余垃圾固体与垃圾混合液到达立管底部的时间间隔也随之增加,堆积现象也越来越明显,水跃现象也加剧。更进一步,对于高层和超高层系统,同时排水楼层数大于5层后,流态发生明显的变化:固体垃圾堆积过多,当混合垃圾落到底部时出现壅水现象,抬高液面,管道充满度接近0.5。并且,系统高度的增加也增大了下落时的流速,也会使得压力更大。

② 改造后系统最大正、负压明显减小,系统排放性能得到大幅度提升。小高层住宅:同时排放5层厨余垃圾也未出现正、负压超过判定标准的情况;高层住宅和超高层住宅:允许最多6台厨余垃圾处理器同时排放。改造后管道内截面积大幅度增大,虽然在弯头处仍然会出现垃圾淤积,但截面积增大,使得水跃不容易完全堵塞管道,改善了系统内的空气流动情况,因此压力明显减小。

③ 改造后最大正、负压的绝对值相近。改造前,三种类型住宅的排水系统最大正压均明显大于最大负压绝对值,成为制约排放性能提升的主要因素。此次改造主要是能够让底部空气流通更顺畅,所以低楼层区域产生的最大正压得到明显缓解;同时,由于排水层产生的水膜无法阻碍最大负压层与底层空气的流通,因而底层空气流通状况的改善也会使最大负压值得到一定的减小。二者的共同作用造成了最大正、负压绝对值相近的现象发生。

在本次试验中,课题组还进行了探索性试验:先排放清水5s再开启厨余垃圾处理器进行排放。在该情形下,只有极少数厨余垃圾固体先于垃圾混合液到达底部弯头处,固体垃圾堆积的现象有了明显改善,水力条件更好,壅水和水跃现象得到减轻,系统最大正、负压也进一步减小。

3 结论及建议

① 无论是改造前还是改造后,系统的排放性能均随高度的增加而变差,即:超高层住宅<高层住宅<小高层住宅。

② 改造后系统最大正、负压明显减小,系统排放性能得到大幅度提高。

③ 改造后最大正、负压的绝对值接近,系统最大正压不再是唯一限制厨余垃圾排放系统排放性能的因素。

④ 改变厨余垃圾处理器的排水方式对系统排放性能存在较大的影响。对此,课题组还将开展进一步的足尺试验研究。

参考文献:

- [1] 张哲,赵珍仪,杨鹏辉,等. 厨余垃圾排放对不同高度住宅排水系统的影响初探[J]. 中国给水排水,2016,32(21):160-162.
- [2] GB 50015—2003,建筑给水排水设计规范(2009版)[S]. 北京:中国计划出版社,2003.
- [3] 张哲,赵珍仪,吴健铭,等. 厨余垃圾在立管中的排放性能试验研究[J]. 中国给水排水,2016,32(23):155-158.
- [4] 公益社团法人. 食物垃圾处理器排水处理系统的性能基准[S]. 东京:日本下水道协会,2013.



作者简介:张哲(1983—),男,内蒙古巴彦淖尔人,博士研究生,助理研究员,研究方向为建筑设备及建筑水环境卫生安全。

E-mail:zhangz@cadg.cn

收稿日期:2016-07-13