

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.07.018

使用行为对节水型坐便器排水横管输送性能的影响

赵珍仪¹, 张哲², 吴杨昊³, 刘佳怡⁴

(1. 国家住宅与居住环境工程技术研究中心, 北京 100044; 2. 建科公共设施运营管理有
限公司, 北京 100044; 3. 广东省建筑设计研究院有限公司, 广东 广州 510010; 4. 兰州
交通大学 环境与市政工程学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 随着国家节水型城市的建设和水效标识的实施,节水型卫生器具的普及率增高、卫生器具用水量进一步减少,但用水量的减少可能会带来管道堵塞、二次冲洗等问题。为此,以公共卫生间为研究对象,以水效等级为1级的节水型坐便器为试验对象,通过搭建5个节水型坐便器、排水横管长12 m的足尺试验系统,模拟公共卫生间厕位(坐位)是否连续使用、厕位占用比以及排水横管坡度等对塑料排水横管输送性能的影响。结果表明,为了保证DN110、PVC-U塑料横管的输送性能,公共卫生间的排水横管坡度宜不小于0.012。

关键词: 节水型坐便器; 水效标识; 输送性能; 横管坡度; 节水

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2024)07-0119-04

Effect of Using Behavior on Horizontal Drainage Pipe Conveying Performance of Water-saving Toilet

ZHAO Zhen-yi¹, ZHANG Zhe², WU Yang-hao³, LIU Jia-yi⁴

(1. China National Engineering Research Center for Human Settlements, Beijing 100044, China;
2. Jianke Public Facility Operation Management Co. Ltd., Beijing 100044, China; 3. Guangdong
Architectural Design & Research Institute Co. Ltd., Guangzhou 510010, China; 4. School of
Environmental and Municipal Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070,
China)

Abstract: The construction of national water-saving city and the implementation of water efficiency label increase the popularity rate of water-saving sanitary appliances, and further decrease the water consumption of sanitary appliances. However, the reduction of water consumption may lead to problems such as pipeline blockage and secondary flushing. This paper constructed a full-scale test system consisting of five water-saving toilets with water efficiency grade of 1 and a horizontal drainage pipe with length of 12 m in a public toilet, and simulated the effects of scenarios such as the continuous use of the toilet seat (or not), the occupancy ratio of the toilet and the slope of the horizontal drainage pipe on the conveying performance of the plastic horizontal drainage pipe. The slope of the horizontal drainage pipes in public toilets should not be less than 0.012 in order to ensure the conveying performance of DN110 and PVC-U plastic horizontal pipes.

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC0406205)

通信作者: 赵珍仪 E-mail: zhaozy@cadg.cn

Key words: water-saving toilet; water efficiency label; conveying performance; horizontal pipe slope; water-saving

随着我国节水型城市建设、全民节水行动的推进,节水型卫生器具得到了越来越普遍的应用。《坐便器水效限定值及水效等级》(GB 25502—2017)和《水效标识管理办法》的颁布实施,进一步降低了坐便器用水量、调整了水效等级。坐便器是生活“耗水大户”,按目前坐便器年销量4 000万套^[1]、20%达到节水产品水平,可推动坐便器每年产生 1.2×10^8 m³的节水效益^[2],节水潜能巨大。但需要注意的是,节水型卫生器具用水量的减少可能会带来排水管道堵塞、二次冲洗等问题。为此,笔者以公共卫生间为研究对象,采用足尺试验探讨了公共卫生间排水横管的输送性能,以期为公共卫生间排水横管的设计提供数据支撑。

1 试验装置及方法

1.1 试验装置及模拟污物

试验选用某品牌虹吸式节水型坐便器,排水量为5 L,根据《坐便器水效限定值及水效等级》(GB 25502—2017),其水效等级为1级。试验中采用自动执行机构、自动按压坐便器排水按钮进行排水,减少人为因素的影响。

试验采用模拟污物代替排水管道内的固体污物。其中,采用PVC胶棉模拟粪便,直径为25 mm、长为80 mm;卫生纸是实际污物,将尺寸为175 mm×138 mm的卫生纸揉成直径为25 mm的纸团。每次冲洗前向坐便器内投加2个胶棉和8个纸团,同时采用不同颜色的胶棉以区分不同坐便器的排泄物。

1.2 试验管道系统

根据《公用建筑卫生间》(16J914—1)对厕位平面设计的要求以及《建筑给水排水设计标准》(GB 50015—2019)对排水管道设计的要求,模拟独立式公共厕所或建筑底层需单独排放的公共卫生间。

试验系统采用PVC-U透明塑料管,在排水横管上安装5个1级水效的虹吸式节水型坐便器,间隔1 m并排布置,排水横管长度为12 m、管径为DN110。器具排水管坡度为0.026,管径为DN110;器具排水管与排水横管的连接采用45°斜三通。坐便器排出口至排水横管的水平距离为1 m;为了模拟建筑梁结构对排水管道布置的影响,坐便器排出口至排

水横管的垂直高度取0.8 m。

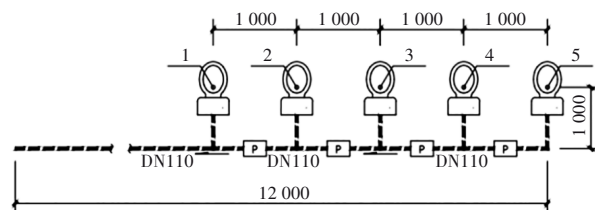


图1 试验管道系统示意

Fig.1 Schematic diagram of the test pipe system

1.3 试验变量与试验方法

1.3.1 试验变量

在实际使用工况中,影响公共卫生间排水横管输送性能的因素包括:厕位是否被连续使用、厕位的使用密集度或占用比。因此,试验变量包括:

① 排水时间间隔:用以模拟厕位是否被连续占用。用5 min排水时间间隔模拟厕位连续使用情况,间隔时间包含使用时间和坐便器水箱补水时间,因水量不足、水箱冲洗后迅速的二次冲洗视为无效冲洗;用15 min排水时间间隔模拟厕位未被连续使用情况,经测试,15 min是12 m横管中污水完全流尽所需要的时间。

② 坐便器排水个数:用以模拟整个卫生间内的厕位占用比。

③ 排水方式:模拟多个坐便器冲洗情况及其排水时横管内的水流状况。用同时排水模拟多个坐便器同时冲洗;用汇合排水模拟沿水流方向依次开启冲洗,之间的间隔时间以坐便器排水经过器具排水管流入排水横管1 m(即流到相邻坐便器器具排水管与排水横管的连接处)的时间计。

④ 排水横管坡度(i):按照《建筑给水排水设计标准》(GB 50015—2019)中塑料管排水横管的最小坡度和通用坡度等设置4种排水横管坡度工况,即0.004、0.008、0.012和0.026。

1.3.2 试验方法

坐便器补水完成后将模拟污物放入大便器内,通过测试系统控制不同组合工况的坐便器排水,观察模拟污物在管道中的流动状态,记录每次模拟污物的输送距离。单次排水工况下如有模拟污物沉积,疏通排水横管后再进行下一次试验;重复排水

工况下,不清理横管内的模拟污物,且每次排水时均投加模拟污物。在相同工况下进行3次平行试验,试验结果取3次的平均值。

2 结果与分析

2.1 单个坐便器重复排水

在排水横管不同坡度下,5号坐便器单独排水,由于坡度为0.004时其输送距离太小(仅为1.96 m),后续试验不再考虑。5号坐便器按照不同的时间间隔,排水4次,记录各工况下模拟污物的滞留位置,测试结果见图2。可以看出单个坐便器重复排水时,排水横管的坡度越大,模拟污物堵塞排水横管的可能性越小。坐便器第1次排出的模拟污物大多滞留在排水横管的前4 m内;重复排水可以推动滞留的模拟污物向前移动,并且随着排水横管的坡度增大,滞留的模拟污物移动距离逐渐增加。当坡度为0.026时,重复排水可以冲走排水横管内前次滞留的模拟污物,同时,重复排水所排出的模拟污物在横管内的输送距离更远。

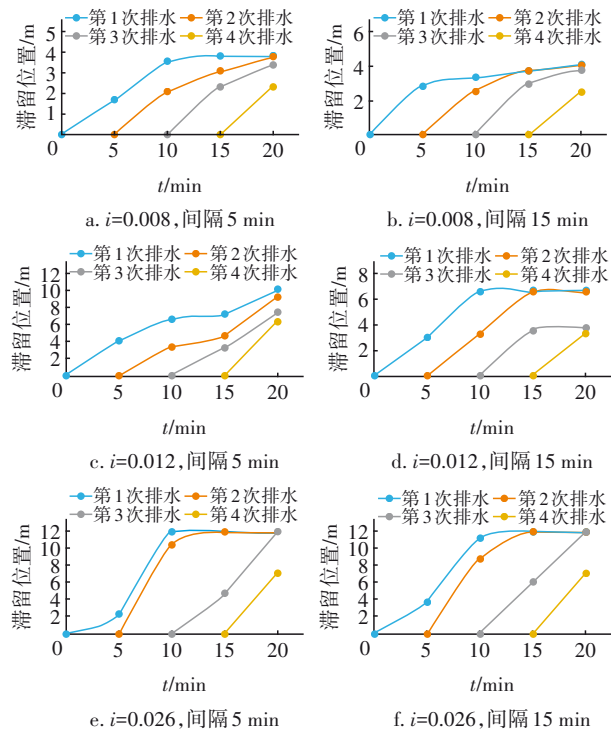


图2 5号坐便器重复冲洗时不同坡度、不同排水时间间隔的试验结果

Fig.2 Test results of repeated flushing of the No.5 toilet with different slopes and different drainage time intervals

从图2还可以看出,在不同坡度下,排水时间间隔的影响较大。当坡度为0.008时,两种排水间隔

时间下模拟污物都会滞留在排水横管起端4 m以内;当坡度为0.026时,无论是间隔5 min排水还是间隔15 min排水,前几次排出的模拟污物都能够被之后排放的水流送至排出口。而当坡度为0.012时,若坐便器间隔5 min排水,则每次排水都能够推动横管内前次滞留的模拟污物向前移动;若坐便器间隔15 min排水,则重复排水的水流冲力很难使滞留的模拟污物再次移动。

2.2 多个坐便器排水

采用4种不同的坡度和不同坐便器排水个数的26种组合工况进行比对试验,发现当相距最远的坐便器组合排水时,因水流无法汇集、流量小,使得模拟污物输送距离小且容易沉积,从而确定了模拟污物在排水横管中输送距离的最不利工况(见表1)。以这些组合的试验数据为例,采用同时排水与汇合排水两种方式,得到不同坡度下模拟污物在排水横管中的输送距离,如图3所示。

表1 坐便器组合方式

Tab.1 Combination of toilets

坐便器排水个数	坐便器使用率/%	坐便器编号				
		1号	2号	3号	4号	5号
2	40	√				√
3	60	√	√			√
4	80	√	√	√		√
5	100	√	√	√	√	√

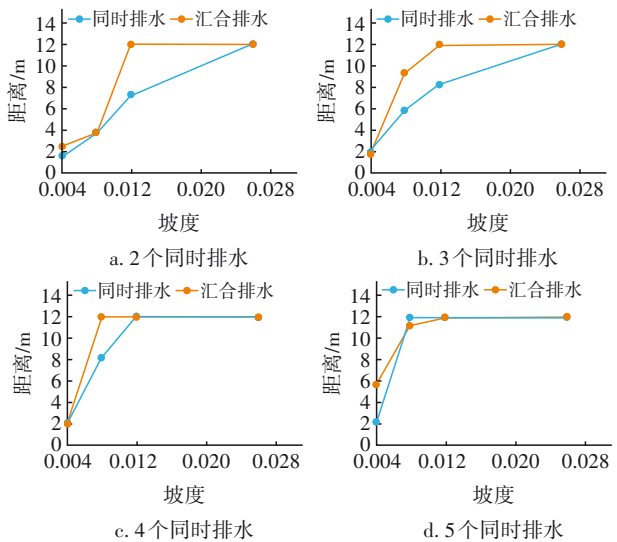


图3 不同坡度、不同个数坐便器排水的试验结果

Fig.3 Test results of toilet drainage under different slopes and different numbers of toilets

由图3可知,当开启的坐便器数量相同时,随着

排水横管坡度的增大,模拟污物的输送距离逐渐增加。当坡度为0.012时,除了2个或3个坐便器同时排水时模拟污物滞留在排水横管内的输送距离小于12 m,其他条件下模拟污物都能从排水横管中排出。当坡度为0.026时,水流输送模拟污物的距离至少为12 m。此外,在相同坡度下,随着排水坐便器个数的增加,模拟污物的输送距离增加,其原因可能是排水坐便器的增加使得排水管道内的水量、流量增加,从而导致输送模拟污物的水流推力增大。

当多个坐便器同时排水时,水流在排水横管中汇合,汇合点下游的坐便器排出的水流对上游的水流有阻挡,使得上游的水流速度减小。此外,由于坐便器排水的持续时间(约为4 s)大于水流经过1 m长横管的时间(约为1 s),当相邻坐便器同时排水时,汇合点下游的坐便器排水会扰乱经过三通的水流,让水流的动能由于内摩擦而有所消耗。

在开启的坐便器数量一定的情况下,排水横管坡度增大,横管内流速增大,可削弱水流在管内汇合点以及三通处受到的影响。当汇合排水时,水流在三通处汇合,由于汇合处水流翻腾滚动剧烈,对模拟污物的输送有影响。一方面,汇入的水流将增大输送模拟污物的流量,对模拟污物有一定的推动作用;同时,新汇入的水流可以将快沉积的模拟污物冲离管内壁,使其悬浮于水中而快速移动,减少管内壁摩擦对其输送的影响。另一方面,水流汇合点也会阻碍模拟污物的输送,高速水流的汇入会扰乱汇合处的水流流态,加剧排水横管内水流动能的损耗,并且阻挡汇合点上游的水流流动,使得上游流速减小;同时,由于三通处的相互碰撞与扰动,削弱了模拟污物的动能,使更多的模拟污物聚集在一起,体积增大,更易沉积。

在相同条件下,汇合排水时横管的输送性能优于同时排水。坐便器同时排水时,由于模拟污物随各坐便器排水分次先后经过汇合点及三通,受到多次扰动和阻碍,使得其输送性能有所降低。不过,结合试验结果可以看出,当坡度大于0.012时,两种排水方式之间的差异不明显,说明对于排水横管的

输送性能,管道坡度的影响较坐便器排水方式的影响要显著。

3 结论

① 当距离排出口最远端的坐便器单独重复排水时,排水横管的坡度越大,越不易发生堵塞。当坡度 ≥ 0.012 时,重复排水可将前次滞留的模拟污物冲出系统,减少管道堵塞的可能。

② 在坐便器连续使用(重复排水)工况下,排水时间间隔和横管坡度都会影响排水横管的输送性能,其中管道坡度是主要影响因素。

③ 多个坐便器同时排水时,坐便器排水数量对横管输送性能的影响很大。在相同条件下,排水的坐便器个数越多,排水横管的输送性能越好。

④ 由于公共卫生间用水不规律,坐便器的使用与冲洗具有随机性,无法人为控制,因此,建议公共卫生间的排水横管坡度宜不小于0.012,并根据实际情况增大坡度,以确保排水通畅。

参考文献:

- [1] 王玉洁,王赓,王洁.《坐便器水效标识实施规则》标准研究[J].标准科学,2018(9):119-122.
WANG Yujie, WANG Geng, WANG Jie. Research on the Implementation Rules of Water Closets' Water Efficiency Label [J]. Standard Science, 2018(9): 119-122 (in Chinese).
- [2] 中国国家标准化管理委员会. GB 25502—2017《坐便器水效限定值及水效等级》国家标准解读[J].标准生活,2017(4):40-45.
Standardization Administration. Interpretation of the national standard GB 25502-2017 "Minimum Allowable Values of Water Efficiency and Water Efficiency Grades for Water Closets" [J]. Standard Living, 2017(4): 40-45 (in Chinese).

作者简介:赵珍仪(1988—),女,四川绵阳人,硕士,高级研究员,主要研究方向为建筑设备与健康人居环境。

E-mail:zhaozy@cadg.cn

收稿日期:2021-04-06

修回日期:2021-06-15

(编辑:刘贵春)