

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.03.010

安装乙字弯避梁对排水系统通水能力的影响

官钰希^{1,2}, 尹浩然^{2,3}, 任少龙⁴, 吴克建⁴, 方正²

(1. 深圳市环境水务集团有限公司, 广东 深圳 518031; 2. 武汉大学 土木建筑工程学院, 湖北 武汉 430072; 3. 深圳市深中南山创新学校, 广东 深圳 518000; 4. 山西泺氏实业集团有限公司 全国建筑排水管道系统技术中心实验室, 山西 晋城 048400)

摘要: 在高层建筑中,由于不同楼层功能不同会导致梁柱存在错位,故安装排水系统时需要进行避梁处理,工程中通常采用安装乙字弯的方式来解决,但该设置方式会对立管排水能力产生极大影响。因此,对这种特殊安装方式与采用防回流H管连接的专用通气排水系统进行了对比,观测了排水过程中各楼层的压力波动、水封损失、排水系统通气量等特征参数。结果表明,未安装乙字弯但设置了防回流H管连接的专用通气排水系统最大排水量为11.0 L/s,而安装乙字弯避梁的排水系统只有6.5 L/s,在乙字弯上方安装防回流H管时系统最大排水量为8.0 L/s,说明该措施可以降低乙字弯偏置对排水系统带来的压力波动,从而增大立管排水能力。

关键词: 乙字弯; 建筑排水系统; 防回流H管; 通水能力; 压力波动; 水封损失

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2024)03-0067-06

Influence of Installing Offset Pipe on Water Flow Capacity of Drainage System

GUAN Yu-xi^{1,2}, YIN Hao-ran^{2,3}, REN Shao-long⁴, WU Ke-jian⁴, FANG Zheng²

(1. Shenzhen Water and Environment Group Co. Ltd., Shenzhen 518031, China; 2. School of Civil Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 3. SZMS Nanshan Innovation School, Shenzhen 518000, China; 4. National Building Drainage System Technology Center Laboratory, Shanxi Xuanshi Industrial Group Co. Ltd., Jincheng 048400, China)

Abstract: Due to the different functions of different floors, there will be misplacement of beams and columns in high-rise buildings. Therefore, beam avoidance treatment is required when installing the drainage system. The solution is usually to install offset pipe in the project. However, this setting will greatly affect the drainage capacity of the riser. This paper compared the special installation method with the special ventilation and drainage system with anti-reflux H-pipe connection, and monitored the characteristic parameters such as pressure fluctuation, water seal loss and drainage system ventilation of each floor during the drainage process. The maximum drainage flow rate of the special ventilation and drainage system without offset pipe but with an anti-reflux H-pipe connection was 11.0 L/s. However, the drainage system with offset pipe was only 6.5 L/s, and the maximum drainage flow rate was 8.0 L/s when the anti-reflux H-pipe was installed above the offset pipe, indicating that the measure reduced the influence of the pressure fluctuation exerted by the offset joint and increased the water flow capacity of the

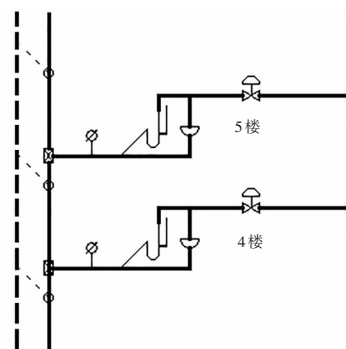
riser.

Key words: offset pipe; building drainage system; anti-reflux H-pipe; water flow capacity; pressure fluctuation; water seal loss

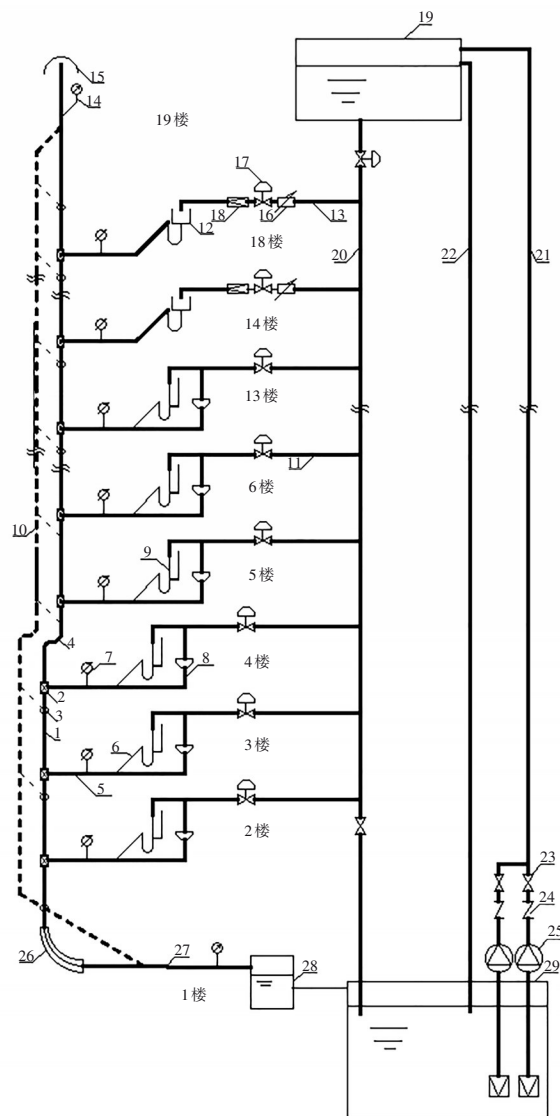
建筑排水系统作为住宅建筑不可或缺的一部分,承担了维护室内环境卫生安全的重要作用^[1-2]。实际工程中,由于商住楼、酒店等高层建筑功能多样,经常会导致梁柱安装位置发生错位,使得安装排水系统时需要进行避梁处理,工程中通常采用安装乙字弯来解决这一问题。但是,安装乙字弯的系统排水过程与传统垂直管道不同,水流经过乙字弯时会发生横向突转,改变了原来的流态,造成速度突然减缓,导致乙字弯下方出现水塞现象,形成剧烈的气压变化,并可能破坏卫生器具的水封,同时也达不到设计流量,影响了排水的安全性。而目前国内外针对建筑排水系统的研究集中于标准安装的排水系统,只有少部分学者针对排水立管的偏置进行实测实验^[3]。为此,笔者对安装乙字弯的排水系统进行了实测工作,分析乙字弯对排水系统通水能力的影响,并利用加装防返流H管的方式进行改善,探讨该措施对乙字弯所造成压力变化的缓解效果,旨在为工程实际应用提供参考。

1 实验系统及工况设计

实验在全国建筑排水管道系统技术中心排水实验室兹氏实验塔进行,排水实验塔高为60 m,单层层高为3 m,地上19层,地下1层。实验系统具体连接方式如图1所示。该实验系统的排水立管、通气立管、结合通气管均采用W型柔性接口铸铁排水管,系统安装接口形式为卡箍连接,测试横支管采用UPVC塑料管以减轻横支管载荷。测试系统排水立管与横支管连接管件采用W型DN100×90°T三通,排水立管管径为DN100,通气立管末端连接在排水横干管上,通气立管顶部连接排水立管,由排水立管伸顶通气。测试系统排水立管底部采用3D大半径变截面异径弯头,排出管管径为DN150,坡度为0.01。横支管上连接有一个测试地漏(水封比为0.95,水封容量为255 mL)、一个DN100的铸铁P型存水弯(水封比为1,水封深度为50 mm,用于模拟卫生器具水封波动)。测试系统伸顶通气管安装在实验塔19楼,伸顶形式为标准排水立管伸顶通气安装形式。



a. YZW1防返流双立管系统



b. YZW2设乙字弯偏置系统

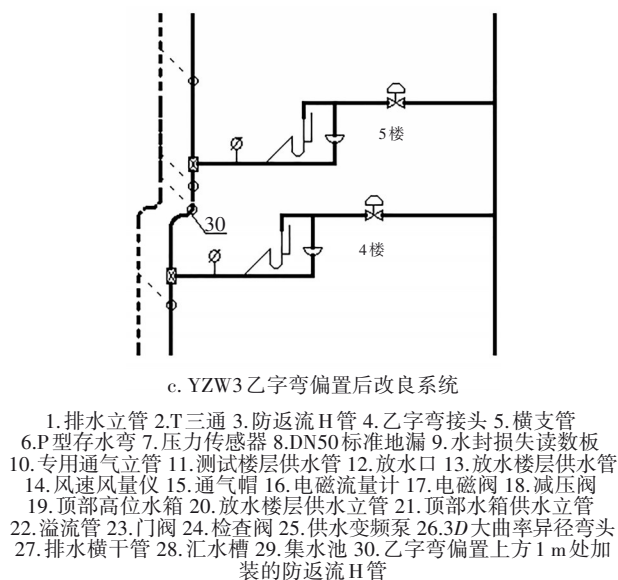


图1 实验系统示意

Fig.1 Schematic diagram of experimental system

测试地漏如图2所示。排水立管、横支管、通气帽、排出管的安装均符合《建筑给水排水设计标准》中的相关规定。

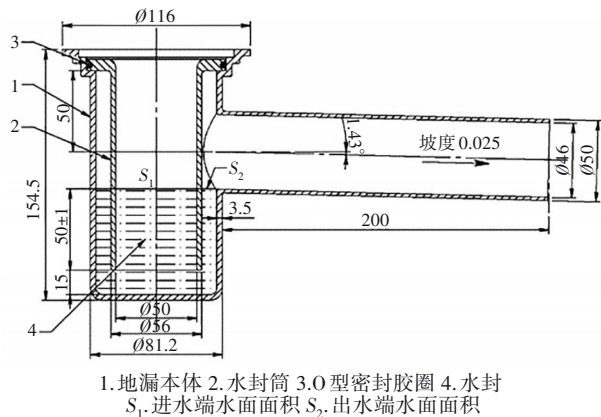


图2 测试地漏尺寸示意

Fig.2 Schematic diagram of test floor drain size

1.1 测试情况及测试仪器

流量采用定流量法测定^[4],通过微调阀门、增压泵及流量计控制放水量。采用智能型气动电磁阀远程控制供水启停。测试流量时,供水系统从18楼开始放水,初始排水量为0.5 L/s,并以0.5 L/s依次增加排水量,当18楼排水量达到2.5 L/s时启动下一楼层(17楼)供水阀门,以此类推。当5个排水层均达到最大排水量后(此时总排水量为12.5 L/s),若此时系统还未达到临界压力和水封损失判定值,由高向低每层最大排水量可增加0.5 L/s,直至所有供水层总排水量达到15.0 L/s;若仍未达到临界值,

由高向低每层排水量再增加 0.5 L/s, 以此类推。为了保证实验的真实性, 单层供水量不超过 4.0 L/s, 此时最大总排水量为 20.0 L/s。放水位置在供水横支管始端, 注水方式采用与横支管流垂直向下淹没注水的方式, 并经过 P 型存水弯后进入横支管, 以保证无冲击现象。

压力数据通过高精度压力传感器采集后采用数据模块传输至测试系统数据平台进行分析、保存。存水弯中的水封波动采用智能压力变送器测量,并将信号传输至系统数据平台进行分析、存档。

单次测试过程总时长约为 150 s,当系统实际供水量达到设定值并稳定后进行压力数值采集,采集周期为 200 ms,压力数据采集时间为 60 s。测试地漏水封和存水弯水封分别通过视频监控系统实时读取。YZW1、YZW2、YZW3 排水立管和通气立管的管径均为 100 mm。3 种工况 4 楼和 5 楼的连接方式不同,YZW1 工况采用标准防回流 H 管;YZW2 在 YZW1 的基础上,在 4 楼 T 三通上方安装乙字弯,产生偏置;YZW3 在 YZW2 工况基础上,在乙字弯上方、5 楼横支管 T 三通下方加装 1 个防回流 H 管。

1.2 实验判定条件

参考《住宅生活排水系统立管排水能力测试标准》(CECS 336—2013),并结合兹氏塔的实验条件,通水能力判定需要同时满足以下条件:①排水系统内最大压力 P_{\max} 不大于400 Pa,最小压力 P_{\min} 不小于-400 Pa,测得的 P_{\max} 和 P_{\min} 称为压力极限;②非放水层所有地漏的一次水封损失不大于25 mm;③每个流量下的实验至少进行两次并连续满足①和②;④每个系统流量测试在同一条件下进行并应至少测试3次,测试结果取平均值,当3次测试结果差值超过10%时,应重新测试。

2 结果与讨论

2.1 各楼层的压力极限

在 YZWI 工况下得到的最大排水量为 11.0 L/s, YZW2 为 6.5 L/s, YZW3 为 8.0 L/s。对排水系统整体而言,各楼层的压力极限与系统排水量具有一定的正相关性(见图 3)。对于 YZW2 和 YZW3 工况,5 楼正压发生突变,而 4 楼以下出现了明显负压,这是因为在 4 楼上部、5 楼横支管下部位置安装了乙字弯。当水流动经乙字弯时,改变了原有的垂直流向,并顺着弯头部分流动,在横截面位置形成截面

水塞,堵塞了排水立管,使得被水流携带的气体无法穿透水膜,从而向5楼横支管方向流动,导致5楼产生明显正压;而当水流继续向下流动时,水舌形成的水塞被破坏,在水塞破坏临界状态下,流动波动剧烈,导致4楼及以下楼层的系统负压较为明显。

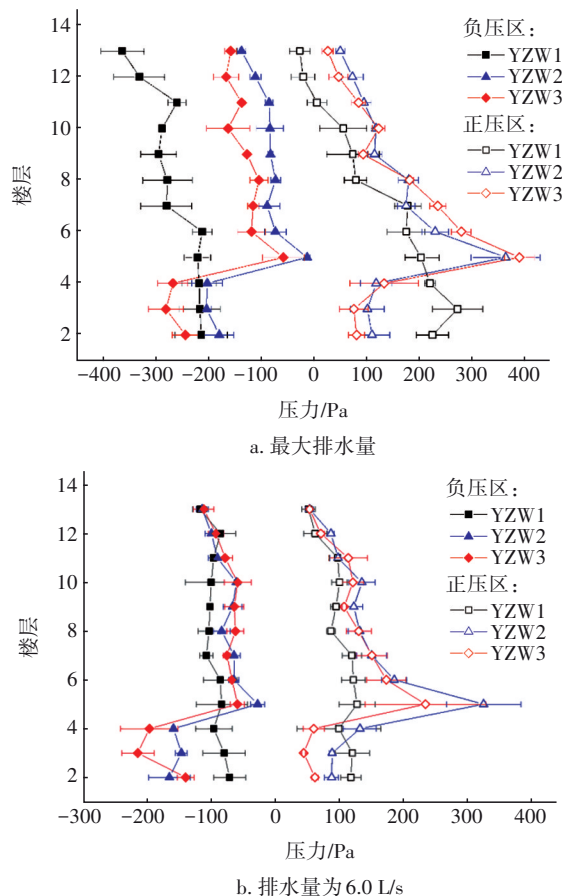


图3 在最大排水量和排水量为6.0 L/s下各楼层的压力极限

Fig.3 Pressure limits of each floor with maximum drainage flow rate and drainage flow rate of 6.0 L/s

由图3(b)可知, YZW2和YZW3工况的压力极限在6楼及以上楼层近似相等,但是5楼及以下楼层差别明显。5楼位置, YZW2工况的系统正压(326 Pa)比YZW3工况(235 Pa)大了约90 Pa;但在3楼位置, YZW2工况的系统负压(-147 Pa)比YZW3工况(-215 Pa)小了约70 Pa。由此可以看出,在乙字弯上部安装防返流H管能够很好地改善由乙字弯导致的系统正压问题,从而使排水系统乙字弯下部楼层的流动变得稳定。

2.2 各楼层的水封损失

图4为在最大排水量和排水量为6.0 L/s下各楼层的水封损失。可知,在相同排水量条件下,

YZW1工况的地漏水封损失相对较为稳定,且略低于YZW2和YZW3工况,但是3种工况中不同楼层间P型存水弯的水封损失差别较大,具有波动性,而且相对来说,低楼层P型存水弯的水封损失高于高楼层区域。需要注意的是,尽管在YZW2工况下,5楼以下楼层产生的压力波动较YZW3工况更大,但是YZW3工况产生的卫生器具的水封损失较YZW2工况更大,并且在3楼两种工况P型存水弯的水封损失相差了5 mm(最大排水量下YZW2工况P型存水弯水封损失为7 mm, YZW3工况P型存水弯水封损失值为12 mm),原因还需进一步分析。

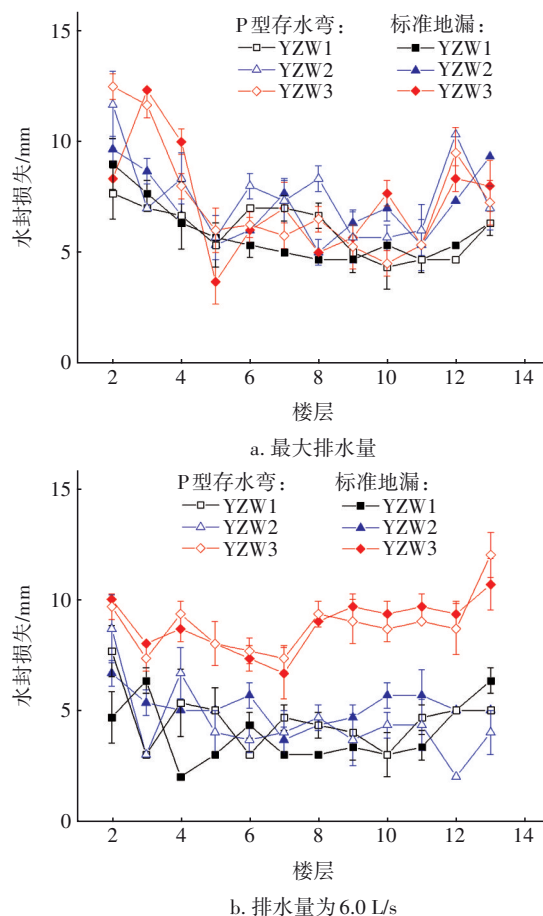


图4 在最大排水量和排水量为6.0 L/s下各楼层的水封损失

Fig.4 Water seal loss of each floor with maximum drainage flow rate and drainage flow rate of 6.0 L/s

整体上,在安装乙字弯工况下的排水系统中,卫生器具产生的水封损失明显高于未安装乙字弯的工况,而加装防返流H管措施可以在一定程度上减少高楼层的水封损失,但是又可能导致乙字弯下方卫生器具产生更大的水封损失。另外,尽管YZW2和YZW3工况下排水系统的正负压已经临近

极限值,但是这两种工况的卫生器具水封损失还在规范允许的安全范围内,如果进一步放宽压力极限范围,排水系统的最大排水量还可以进一步提高。

由图3可知,在YZW2、YZW3工况下,5楼横支管会产生正压,而该正压对卫生器具所在的横支管内原有的空气起到一个推挤的作用,导致水封向室内方向的运动更剧烈,向横支管方向运动的幅度更小,因此5楼卫生器具的水封损失更小。

2.3 4楼和5楼的压力极限及水封损失

根据上述分析可知,4楼和5楼受到排水过程影响产生的压力波动和水封损失较其他楼层更大,因此分析4楼和5楼在不同工况下的压力极限和水封损失,压力极限结果如图5所示。

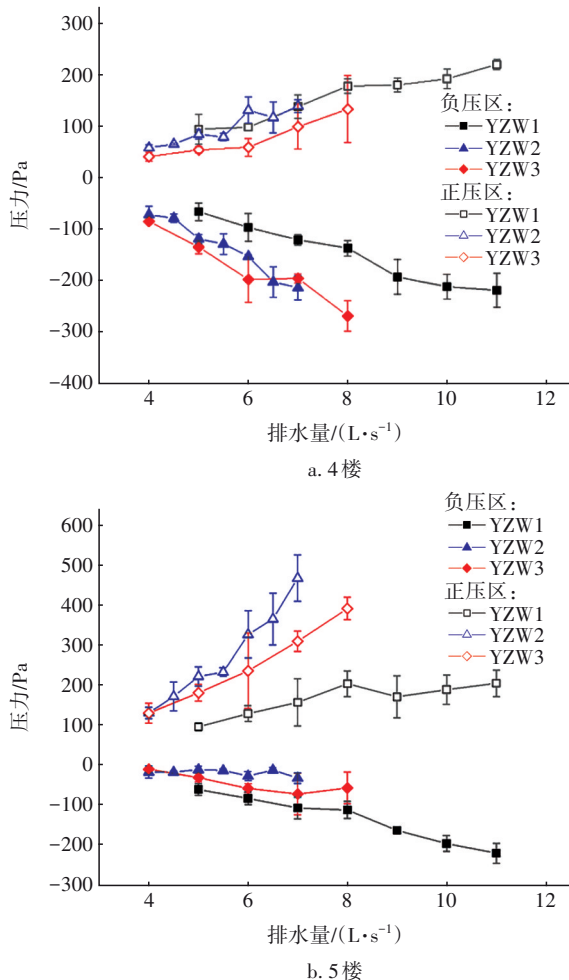


图5 不同排水量下4楼和5楼的压力极限

Fig.5 Pressure limits of 4th and 5th floors under different drainage flow rates

从图5可以看出,整体上排水量与排水系统内产生的压力具有正相关性,但是不同工况下4楼和

5楼由排水产生的压力极限差别较大。3种工况下,4楼位置处正压值较为接近,而YZW1的负压绝对值明显小于另外两种工况。不同工况下5楼位置处的负压值较为接近,YZW1的正压值却远小于另外两种工况。根据前述分析,这可能是由于在5楼T三通位置下方安装的乙字弯产生了明显的系统正压,而该正压对4楼横支管内的气压状况产生影响,故导致不同工况下4楼位置的负压差别较大。

不同排水量下4楼和5楼的水封损失见图6。

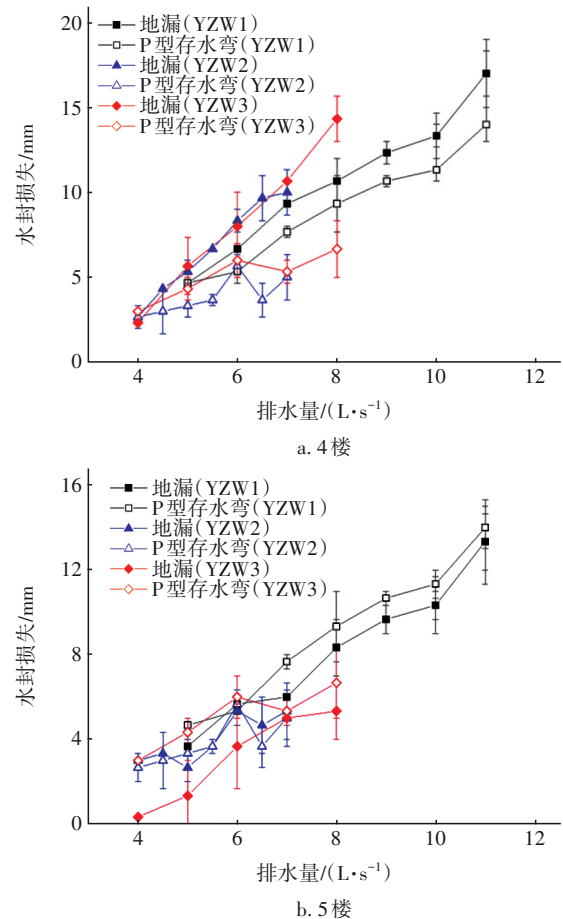


图6 不同排水量下4楼和5楼的水封损失

Fig.6 Water seal loss of 4th and 5th floors under different drainage flow rates

由图6可知,排水量与排水系统内产生的水封损失具有正相关性。整体上,4楼卫生器具产生的水封损失比5楼更大。在4楼,YZW3工况下地漏的水封损失高于YZW1工况的,与YZW2工况的数值相差不大;而在5楼,YZW3工况下地漏的水封损失小于其他两种工况,且YZW1和YZW2工况的水封损失差别不大。综合考虑地漏的结构特征和

YZW3工况的安装情况,可以认为防返流H管的存在使其下方横支管中的通气量发生了改变,负压越大,水封损失越大,说明YZW3工况下4楼的横支管为排水过程提供了较YZW2工况更多的空气,这也是为了平衡防返流H管上方产生的正压,同时5楼卫生器具的水封损失较其他工况更小也从侧面说明5楼的正压更大。因此,对于采用改善措施的乙字弯排水系统需要注意乙字弯下方楼层卫生器具的水封损失变化。因测量条件的限制,目前无法对4楼和5楼中间位置的通气量进行测量,乙字弯位置产生的水流状态变化的机理还需进一步研究。

2.4 不同工况及流量下通气量对比分析

不同排水量下管道中空气流量情况见图7。

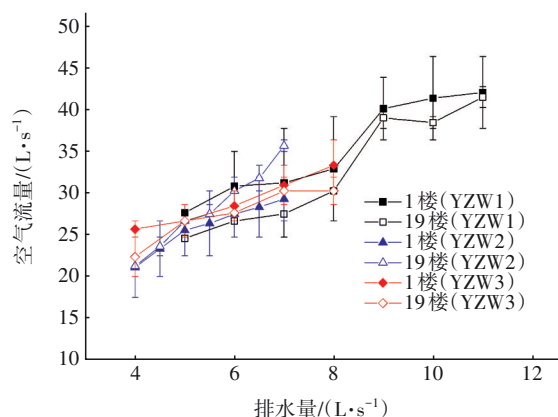


图7 不同排水量下空气流量的变化

Fig.7 Change of air flow rate under different drainage flow rates

在YZW1和YZW3工况中,排水量越大,1楼的空气流量越大,且高于19楼。在YZW1工况中,通气量在达到一定排水量后呈稳定状态,主要是此时排水已达到相对稳定的状态,所以对通气量的需求也会变得更稳定。而在YZW2工况中,19楼测得的空气流量高于1楼,这说明此时系统内呈负压状态,顶部通气状态较好,能够直接从外界进行补气,而其他两种工况内部通气较差,需要从横支管进行补气来维持系统内的压力平衡。在相同排水量下(低于8.0 L/s),YZW1工况1楼的通气量较其他工况大,而19楼的通气量较其他工况小。

3 结论

① 在排水系统中安装乙字弯会极大地降低其通水能力,按照定流量法测定,专用通气排水系

统的最大排水量由11.0 L/s减小至6.5 L/s,在乙字弯上方加装防返流H管以后,系统最大排水量可以提升至8.0 L/s,改善效果明显。

② 乙字弯主要影响安装位置上方楼层的系统压力,导致上方楼层出现严重正压,该正压虽然对支管卫生器具的水封高度影响较小,但是当正压过高时排水系统中的污废体会进入室内。

③ 在乙字弯上方安装防返流H管能够在一定程度上缓解乙字弯造成的系统正压,但该改进措施会对乙字弯下方楼层卫生器具的水封损失造成影响,导致卫生器具水封损失增大。因此,建议在工程中对改进乙字弯系统的下方楼层选用深水封高度的卫生器具。

参考文献:

- [1] GORMLEY M, KELLY D, CAMPBELL L, et al. Building drainage system design for tall buildings: current limitations and public health implications [J]. Buildings, 2021, 11(2): 70.
- [2] CAMPBELL D P, MACLEOD K D. Detergents in drainage systems for buildings [J]. Water Research, 2001, 35(4): 1086-1092.
- [3] 赵珍仪, 张哲, 彭博, 等. 特殊单立管系统立管轴线偏置的试验研究[J]. 中国给水排水, 2018, 34(1): 119-123.
ZHAO Zhenyi, ZHANG Zhe, PENG Bo, et al. Study on riser axes offset of special single stack drainage system [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(1): 119-123(in Chinese).
- [4] 高峰, 张哲, 彭海龙, 等. 不同采集周期对立管排水能力的影响研究[J]. 中国给水排水, 2016, 32(5): 123-126.
GAO Feng, ZHANG Zhe, PENG Hailong, et al. Influence of different collection cycles on stack drainage capacity [J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(5): 123-126(in Chinese).

作者简介:官钰希(1990—),女,江西上饶人,博士,助理研究员,主要研究方向为城市供排水、建筑给排水、海绵城市及消防理论等。

E-mail:yuxi.guan@hotmail.com

收稿日期:2023-08-19

修回日期:2023-10-13

(编辑:任莹莹)