

特殊单立管系统立管轴线偏置的试验研究

赵珍仪¹, 张哲¹, 彭博², 高彬¹, 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. 武汉理工大学 土木工程与建筑学院, 湖北 武汉 430070)

摘要: 在122.9 m高的试验塔上,采用定流量法,探究在特殊单立管系统的4层分别采用3种不同偏置管设置方法,开展了比对试验研究;同时,在偏置管处采用增加辅助通气管的形式,以期缓解立管轴线偏置对系统的影响。结果表明,偏置设置会改变系统的压力分布、降低系统的排水能力;增加辅助通气管会在一定程度上降低轴线偏置对系统的影响。

关键词: 特殊单立管; 轴线偏置; 辅助通气管; 排水能力; 定流量

中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)01-0119-05

Study on Riser Axes Offset of Special Single Stack Drainage System

ZHAO Zhen-yi¹, ZHANG Zhe¹, PENG Bo², GAO Bin¹, YANG Peng-hui¹

(1. China National Engineering Research Center for Human Settlements, Beijing 100044, China;
2. School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: A constant flow drainage system was used in a 34-layer tower. Three offset scenarios of the special single stack were investigated. The effects of assisted ventilation pipes, which were expected to mitigate the impact of riser axes offset, were investigated as well. The results indicated that all offset scenarios decreased the drainage capacity and changed the pressure distribution. The assisted ventilation pipes reduced the impact of main stack offset to the drainage system.

Key words: special single stack drainage system; axes offset; assisted ventilation pipe; drainage capacity; constant flow

特殊单立管排水系统因节省材料和空间、排水流量大等优势,弥补了普通单立管和普通双立管各自的缺点^[1],在高层建筑中的应用越来越多。在实际工程中,高层建筑功能多样如商住楼等,经常存在上下结构(设备)不同等情况,使得上部楼层部分竖向构件(剪力墙、框架柱)不能直接连续贯通落地,此时应设置结构转换层进行转换。转换层位置与高层建筑功能区域划分有关,一般多设在3层及以上。2009版《建筑给水排水设计规范》(GB 50015—

2003)中规定:排水立管应避免在轴线偏置;当受条件限制时,宜用乙字弯或两个45°弯头连接。目前针对排水立管轴线偏置的研究较少,轴线偏置对排水系统压力波动的影响及排水能力的影响未知。课题组针对特殊单立管系统轴线偏置问题,采用足尺试验进行比对研究,以期指导实际工程应用。

1 试验方法

1.1 试验管道系统

试验在国家住宅工程中心——万科建研中心超

高层足尺试验塔上进行。采用某品牌加强型旋流器特殊单立管系统(见图 1),共 33 层,每层层高为 3 m。排水立管为 DN110 加强型内螺旋管(12 根旋肋,肋高约为 3.5 mm),排水立管顶部伸顶通气,设有与排水立管同径的伞形通气帽。系统每层横支管采用普通 DN110 PVC-U 塑料光壁管,通过加强型旋流器(内有 6 片导流叶片)与排水立管相连。立管底部采用大曲率扩径弯头与横干管相连,横干管采用 DN160 PVC-U 塑料光壁管,坡度为 0.026。

在系统 4 层分别采用 45°和 90°偏置,同时设置辅助通气管与之对比,见图 2。其中,偏置管根据配件的不同采用 DN110 或 DN160 的塑料光壁管;辅助通气管采用 DN75 塑料光壁管,分别连接系统 4 层和 5 层的旋流器。立管轴线偏置间距为 750 mm。系统偏置工况设置见表 1。不设置辅助通气管时接头处用管堵密封。

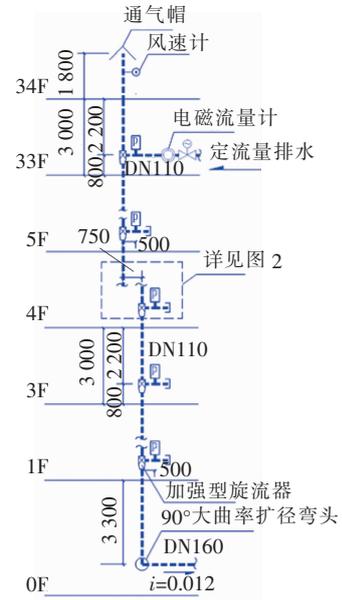


图 1 定流量排水测试系统示意

Fig. 1 Test system of constant flow drainage system

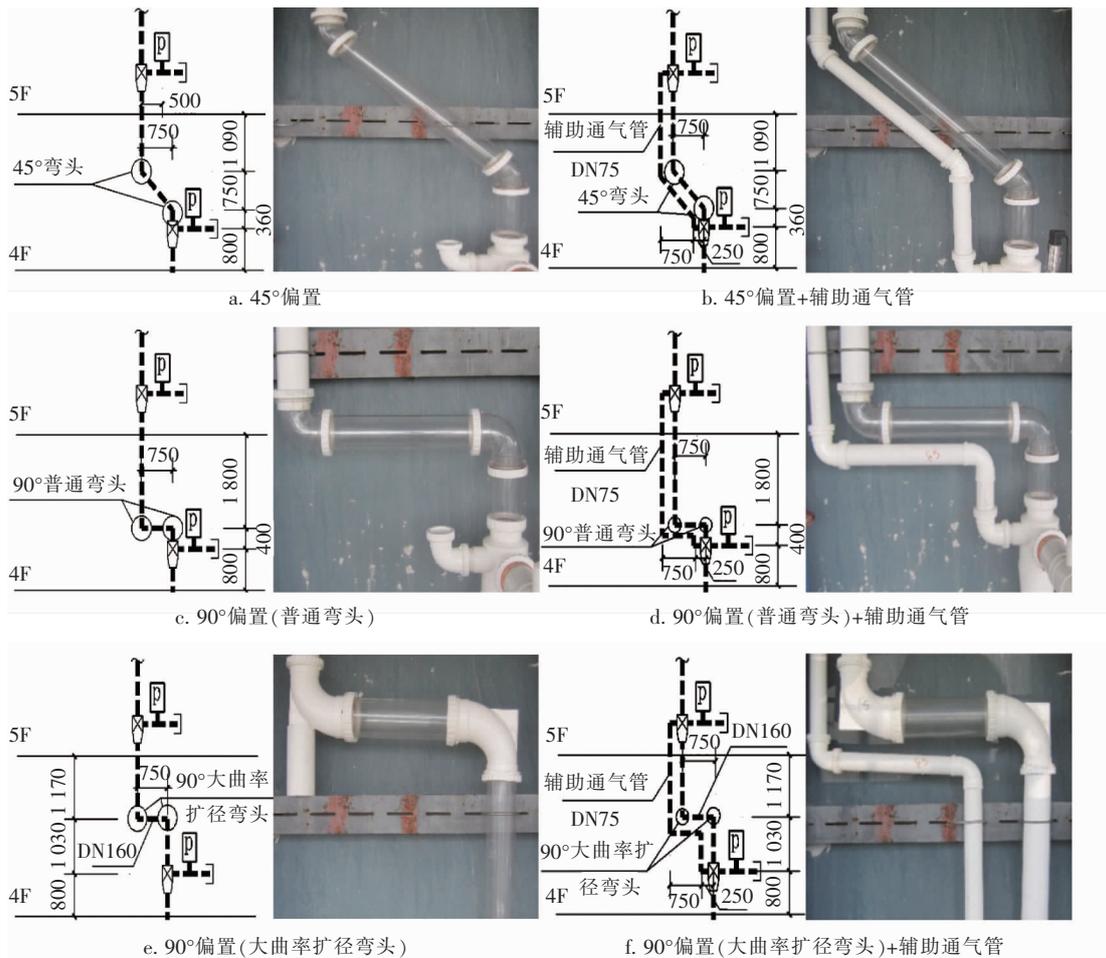


图 2 系统偏置连接方式

Fig. 2 Different offset forms of constant flow drainage system

表 1 偏置工况设置

Tab. 1 Operating mode of different offset forms

项 目	偏置形式	有无辅助通气管
空白组	无	无
工况 1	45°偏置	无
工况 2	45°偏置	有
工况 3	90°偏置(普通弯头)	无
工况 4	90°偏置(普通弯头)	有
工况 5	90°偏置(大曲率扩径弯头)	无
工况 6	90°偏置(大曲率扩径弯头)	有

1.2 试验装置及仪器

排水层设置在系统 31 ~ 33 层,每层设置一套定流量排水装置。定流量排水装置包括 1 台可远程自动控制的电动调节阀和 1 台电磁流量计,测量范围为 0.3 ~ 1.2 m/s,精度为 ±0.5%。每层最大排水量为 2.5 L/s,排水量不足时由下一层排水。除排水层外,每层横支管距排水立管中心 500 mm 处安装 1 台 GE Druck PTX610 双向式压力传感器,测量范围为 ±10 kPa、精度为 ±0.08%,采样周期为 20 ms,采集数据并输送至服务器。

1.3 试验方法及步骤

试验采用定流量法排水。测试前对系统进行气密性试验,通过压力传感器记录管道内部不同位置的波动情况。排水流量以 0.5 L/s 的间隔逐渐增大,直到排水系统内压力波动达到判定值。各排水工况下分别进行 3 次平行试验,最终结果取均值。

2 结果与分析

2.1 45°偏置

空白组(特殊单立管系统)与工况 1、2 在不同排水流量下系统最大正、负压分布见图 3。

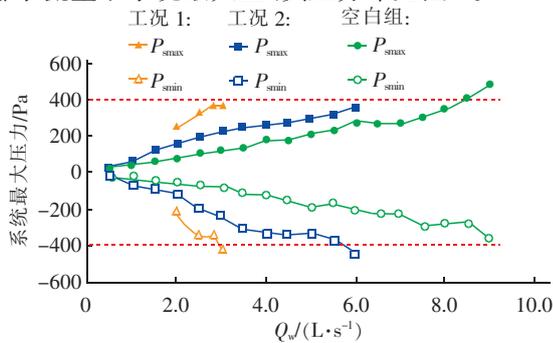


图 3 工况 1、2 与空白组定流量排水时系统最大正、负压分布

Fig. 3 Maximum positive and negative pressure of operating mode 1,2 and blank group with constant flow discharge

空白组的排水能力为 8.5 L/s,正压最先达到 400 Pa 的判定标准,系统最大正、负压楼层集中出现在低区;工况 1 排水能力为 3.0 L/s,负压最先达到 -400 Pa 的判定标准,系统最大正压楼层集中出现在 5 层及以上,最大负压楼层集中出现在 4 层(见图 4)。工况 2 排水能力为 5.6 L/s(拟合值),负压最先达到 -400 Pa 的判定标准,系统最大负压集中出现在 4 层,最大正压集中出现在 1、2 层。

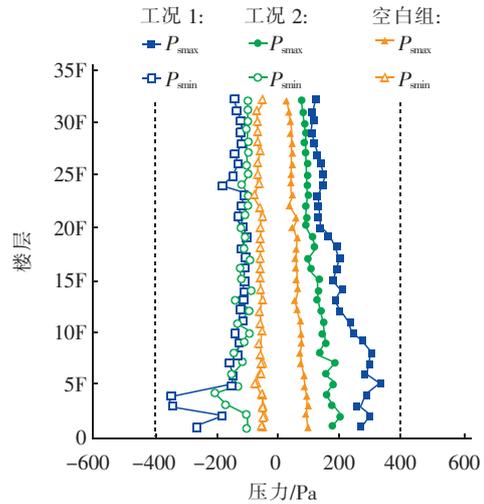


图 4 空白组与工况 1、2 在排水流量为 2.5 L/s 时系统各层最大正、负压分布

Fig. 4 Maximum positive and negative pressure of each floor of operating mode 1,2 and blank group with constant flow rate of 2.5 L/s

根据系统排水能力的比较可见,特殊单立管系统采用 45°偏置时对系统压力分布及排水能力有很大的影响。工况 1 中,水流流经偏置管处时排水立管内的水流状态不再是垂直下落,由于偏置管导致其流态、流向发生剧烈变化,流速减小,在 45°偏置管中形成水跃、在旋流器上部的 45°弯头处形成水塞,气体无法顺畅地排走,在偏置管上部(即系统 5 层)聚积形成较大的正压。当水流从偏置管段再次进入排水立管时水流不再是切向进水。此时,从 4 层到系统横干管这一部分可近似看作一个不伸顶通气且顶层排水的特殊单立管排水系统。在这种情况下,偏置管内的水进入到排水立管,形成强烈的抽吸作用,因而在 4 层形成负压。

增加了辅助通气管(工况 2)后,管道内的流态与工况 1 类似,见图 5。与工况 1 对比发现,系统排水能力提升了 86.7%,最大负压出现的楼层不变;系统内负压和正压均得到一定程度的缓解,特别是

偏置管附近的负压,效果显著。其原因可能是当增加一根辅助通气管后,在 4 层处形成的负压会从辅助通气管抽吸气体,5 层的正压在其抽吸作用下得到缓解,形成气体的流通,同时缓解此处的正压和负压。



图 5 45°偏置管中的流态

Fig. 5 Flow regime of 45° offset

2.2 90°偏置(普通弯头)

工况 3 与工况 4 不同排水流量下系统最大正、负压分布见图 6。

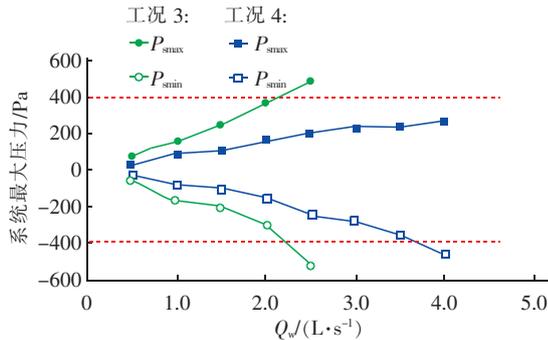


图 6 工况 3、4 在定流量排水时系统最大正、负压分布

Fig. 6 Positive and negative pressure of operating mode 3 and 4 with constant flow discharge

工况 3 排水能力为 2.2 L/s(拟合值),最大负压集中出现在 4 层,最大正压集中在 5 层及以上。工况 4 排水能力为 3.7 L/s(拟合值),负压最先达到判定标准,最大负压集中出现在 4 层,最大正压集中在 1、2 层。分析原因,工况 3 中,水流流入偏置管时,水流变化情况类似于排水立管通过 90°弯头接入横干管的情况,由于流向和速度的急剧变化,水流

在横管中形成水跃^[2]。在试验过程中,可在透明偏置管段中观察到明显的急流段和水跃段。因此,在偏置管处因局部阻力、碰撞析出的气体向上返到 5 层及以上,形成较大正压。而最大负压集中出现在 4 层的原因同工况 1。与工况 2 类似,工况 4 中增加辅助通气管后,偏置管附近的负压得到有效缓解,排水能力提升了 68%。

对比 45°偏置和 90°偏置,45°偏置排水能力要明显高于 90°偏置,说明偏置设置形式对排水能力和管道内压力有着很重要的影响。对比流量为 2.0 L/s 条件下工况 1 与工况 3 系统中各层正、负压的分布(见图 7),可知工况 3 系统内的正、负压普遍大于工况 1。两种工况在相同流量下可认为水流进入偏置弯头的初速度是相同的,45°偏置管排水相对更为通畅,产生的局部水头损失更小,对流向、流速的影响也相对更小,而在 90°偏置横管中产生的水跃高度更高,压力波动更大。

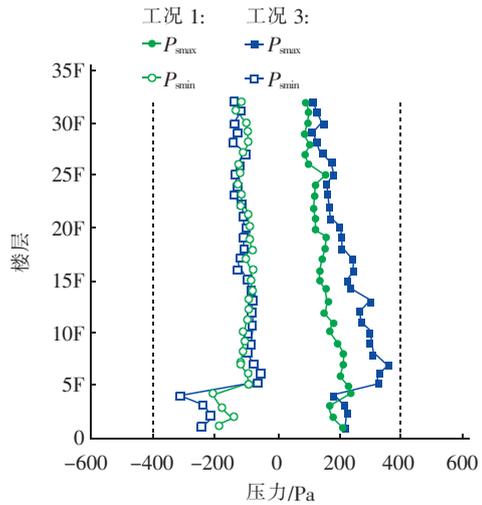


图 7 工况 1、3 在排水流量为 2.0 L/s 时系统各层最大正、负压分布对比

Fig. 7 Comparison of maximum positive and negative pressure of each floor of operating mode 1 and 3 at constant flow of 2.0 L/s

2.3 90°偏置(大曲率扩径弯头)

工况 5 与工况 6 在不同排水流量下系统最大正、负压分布见图 8。工况 5 的排水能力为 4.7 L/s(拟合值),最大负压集中出现在系统 4 层,最大正压集中在 5 层及以上;工况 6 的排水能力为 6.0 L/s,较工况 5 提升了 27.7%。对比工况 5 与工况 1、3 的排水能力,大曲率扩径弯头因为其构造加之偏置管段管径由原先的 DN110 扩大到了 DN160,使

得水通过大曲率偏置管后,水流流速变化较为缓和,水跃深度不高(不致充满管道截面,见图9),空气流动条件较好,因而最大正、负压都能得到一定的缓解。而当增加一根辅助通气管时,沟通了偏置管上下楼层气流,压力得到进一步缓解,排水能力得到了提升。

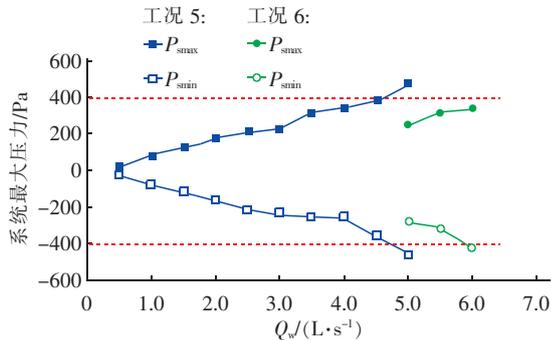


图8 工况5、6在定流量排水时系统最大正、负压分布
Fig.8 Positive and negative pressure of operating mode 5 and 6 with constant flow discharge



图9 90°偏置+大曲率扩径弯头工况下的水流流态
Fig.9 Flow regime of 90° offset and long radius bend

综上所述,不同偏置形式、有无辅助通气管的各个排水系统(空白组以及工况1~6)的排水能力分别为8.5、3.0、5.6、2.2、3.7、4.7、6.0 L/s。

3 结论与建议

① 对特殊单立管进行偏置设置,会对系统压力分布产生较大的影响,在偏置管楼层之上形成较大正压,在其之下形成较大负压,从而使得系统的排水能力降低。

② 不同偏置形式会对排水能力的影响不尽相同,整体表现为90°偏置(普通弯头) > 45°偏置 > 90°偏置(大曲率扩径弯头)。

③ 在偏置管处增加辅助通气管,可在一定程度上改善立管轴线偏置对系统的影响,使其排水能力有一定程度的提高。

④ 不同偏置设置情况下系统排水能力排序为:90°偏置(大曲率扩径弯头)+辅助通气管 > 45°偏置+辅助通气管 > 90°偏置(大曲率扩径弯头) > 90°偏置(普通弯头)+辅助通气管 > 45°偏置 > 90°偏置(普通弯头)。

在不设辅助通气管时排水立管轴线偏置时的排水能力都较小,建议当条件受限需设置偏置管时,在偏置楼层增加辅助通气管。

参考文献:

- [1] 刘金明,徐斌,高乃云,等. 采用瞬间流法的特殊单立管排水系统排水能力研究[J]. 中国给水排水,2015,31(15):143-146.
- [2] 张哲,张磊,席鹏鸽,等. 建筑排水管道流态分析初探[J]. 给水排水,2013,39(10):98-100.



作者简介:赵珍仪(1988-),女,四川绵阳人,硕士,工程师,研究方向为建筑设备及建筑水环境卫生安全。

E-mail: zhaozy@ cad. g. cn

收稿日期:2017-04-12