

# DN150 铸铁伸顶通气系统排水能力测试

张哲<sup>1,2</sup>, 李博远<sup>3</sup>, 赵珍仪<sup>2</sup>, 杨鹏辉<sup>2</sup>, 高彬<sup>2</sup>

(1. 重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400030; 2. 国家住宅与居住环境工程技术研究中心, 北京 100044; 3. 武汉理工大学 土木工程与建筑学院, 湖北 武汉 430070)

**摘要:** 在超高层足尺试验塔上, 设置两种不同高度的排水系统, 分别采用定流量法与瞬间流量法, 考察 DN150 铸铁伸顶通气系统内的压力分布情况, 探究压力与流量之间的相关性, 最终确定排水系统高度与通水能力之间的关系。结果表明, 在定流量法中, 超高层排水系统的排水能力小于小高层排水系统; 在瞬间流量法中, 超高层排水系统与小高层排水系统的排水能力基本相同。

**关键词:** 铸铁管; 伸顶通气排水系统; 排水能力

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)09-0143-04

## Drainage Capacity of DN150 Cast Iron Pipe in Drain-waste-vent System

ZHANG Zhe<sup>1,2</sup>, LI Bo-yuan<sup>3</sup>, ZHAO Zhen-yi<sup>2</sup>, YANG Peng-hui<sup>2</sup>, GAO Bin<sup>2</sup>

(1. School of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China; 2. China National Engineering Research Center for Human Settlements, Beijing 100044, China; 3. School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** In a super high-level full-scale experimental tower, two sets of drainage systems of different heights were set up and tested using the constant flow method and the instantaneous flow method, to explore the pressure distribution in DN150 cast iron pipes used in the drain-waste-vent (DWV) system, to investigate the correlation between pressures and flows, and to eventually determine the relationship between the height and the drainage capacity of a DWV system. It was concluded that, using the constant flow method, the drainage capacity of a high-level DWV system was lower than that of a low-level DWV system; while, using the instantaneous flow method, the two systems exhibited similar drainage capacity.

**Key words:** cast iron pipe; drain-waste-vent system; drainage capacity

在城镇新建住宅中,用于室内排水管道的管材,国家首批推广应用硬聚氯乙烯(PVC-U)塑料排水管和柔性接口机制铸铁排水管。相较于PVC-U塑料排水管,排水铸铁管在耐久性、抗震性、防火性、抗伸缩性及降低噪音方面更具优势<sup>[1]</sup>。但在高层以及超高层的建筑中,对其排水性能的研究不足。笔

者所在课题组对两种不同系统高度的DN150铸铁伸顶通气系统,采用两种不同的测试方法,探究系统内压力与流量之间的关系。参考《住宅生活排水系统立管排水能力测试标准》(GJJ/T 245—2016),以 $\pm 400$  Pa为定流量法的判定标准、 $\pm 300$  Pa为瞬间流量法的判定标准,确定了各个系统的排水能力,并

对不同高度系统的排水能力进行对比分析,为今后的工程设计提供参考依据。

## 1 试验方法

### 1.1 试验管道系统

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。排水立管采用 DN150 柔性接口机制铸铁排水管,与横支管之间采用 90° 铸铁顺水三通连接,与横干管采用 DN150 大曲率铸铁弯头连接;每层横支管为 DN100 PVC-U 塑料排水管,以 0.02 的坡度坡向立管;横干管采用 DN150 铸铁管,起端中心线与最低层横支管的距离为 3.0 m,管长为 8 m,以 0.012 的坡度坡向回用水箱。立管垂直度允许偏差为每 1 m 不大于 3 mm,顶部设置与排水立管同径的球形通气帽,并安装风速仪。

超高层与小高层定流量法压力测试管道系统见图 1(瞬间流量法管道系统除排水层与之不同外其余布置情况均相同)。

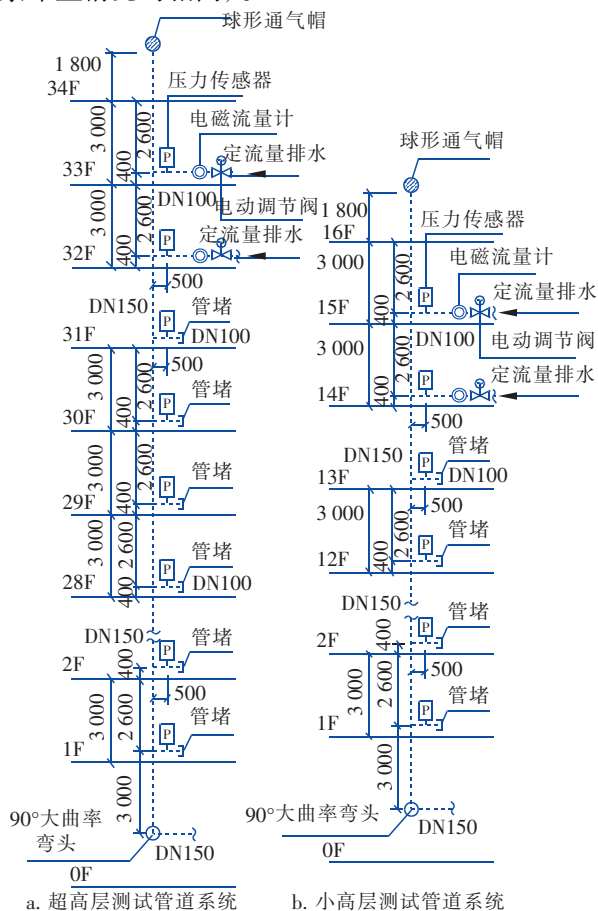


图 1 定流量试验管道测试系统

Fig. 1 Test system of constant flow drainage

鉴于两个排水系统汇合流量测试方法相同,小高层排水系统管道汇合流量采用超高层排水系统所测数据。两种不同高度的排水系统排水层设置情况如下:小高层系统共有 15 层,每层高为 3 m(下同),定流量法试验在 15、14 层进行,瞬间流量法试验在 15~11 层进行,通气帽设在 16 层;超高层系统共有 33 层,定流量试验在 33、32 层进行,瞬间流量法试验在 33~29 层进行,通气帽设在 34 层。

### 1.2 试验装置及安装

试验时除排水层外,每层排水横支管上均安装美国 GE Druck PTX610 双向式压力传感器,其测量范围为  $\pm 10$  kPa,测量精度为  $\pm 0.08\%$ ,采样周期为 20 ms。压力传感器设在距立管中心 500 mm 处的排水横支管上部。采用定流量法时,每层排水层均设有 1 套定流量排水装置,包括 1 台可远程自动控制的电动调节阀和 1 台高精度电磁流量计,测量范围为 0.3~12 m/s、精度为  $\pm 0.5\%$ 、最大流量为 2.5 L/s。采集时长为 120 s,采集周期为 20 ms。采用瞬间流量法时,每层排水层均设有 1 套瞬间流发生器,排水量为 6 L,排水流量峰值为 1.8 L/s,电控按压排水,楼层间排水时间间隔为 1.0 s。瞬间流发生器内设 VEGA CAL63 型电位式液位计,量程为 0~400 mm、精度为  $\pm 1$  mm。采集时长为 60 s,采集周期为 20 ms。采用设置在排水层直下层的测量筒测定瞬间流汇合排水量。

### 1.3 试验步骤

定流量法与瞬间流量法的试验步骤见图 2。

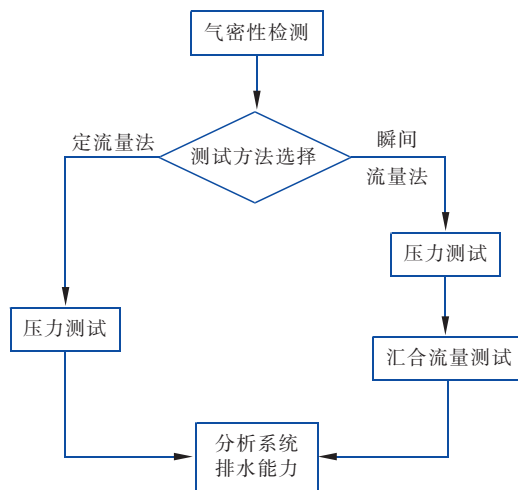


图 2 试验步骤

Fig. 2 Experiment procedure

所有试验采用自动化控制,测试系统将服务器采集的数据进行整理、分析,绘制出各层的实时压力曲线和整个系统的压力分析图。

## 2 结果与分析

### 2.1 定流量法

DN150 铸铁伸顶通气系统采用定流量法时不同流量下最大正、负压分布如图 3 所示。可以看出,两种排水系统的最大正、负压均随着流量的增加而增大,且负压变化的幅度大于正压。对于小高层排水系统,当流量为 4.5 L/s 时,最大负压为 -356 Pa,尚未破封;当流量达到 5.0 L/s 时,最大负压达到了 -410 Pa,判定破封。对于超高层排水系统,当流量为 3.5 L/s 时,负压达到 -416 Pa,判定破封。由于破封时最大负压与判定标准压力相差在  $\pm 50$  Pa 以内,确定小高层排水系统的排水能力为 5.0 L/s,超高层排水系统的排水能力为 3.5 L/s。

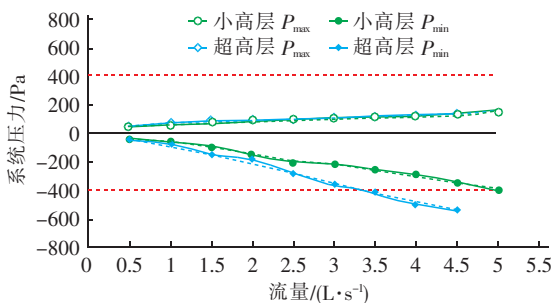


图 3 两种系统定流量排水时不同流量下最大正、负压分布

Fig. 3 Distribution of maximum positive and negative pressure at different flow rates with constant flow drainage of low-level and high-level cast iron system

相同条件下 DN150 铸铁伸顶通气系统,超高层系统的排水能力为小高层系统的 0.7 倍。随着流量的增加,两种铸铁排水系统正压与负压均逐渐增大,其中正压增幅基本一致,而超高层排水系统负压的变化幅度大于小高层排水系统。定流量排水时各系统压力拟合方程见表 1。

表 1 定流量排水时各系统压力拟合方程

Tab. 1 Fitting equation of pressure with constant flow drainage

| 项 目   | 拟合方程式  | $R^2$   |
|-------|--|---------|
| 小高层正压 | $P_{\max} = 0.353\ 5q^2 + 22.088q + 27.122$  | 0.981 4 |
| 小高层负压 | $P_{\min} = -3.212\ 1q^2 - 61.836q - 12.133$ | 0.989 4 |
| 超高层正压 | $P_{\max} = -1.704\ 2q^2 + 29.532q + 35.365$ | 0.975 3 |
| 超高层负压 | $P_{\min} = -4.789\ 3q^2 - 108.88q + 23.29$  | 0.990 9 |

在采用定流量法时,当流量达到一定程度后,水流在立管底部由于水流方向的骤变会在底部弯头处

产生壅塞,并在横干管处形成壅水现象,产生较大正压。而排水层高度的降低,最大负压层与最大正压层之间的高度差减小,立管底部的正压可能对立管上部的负压有一定的抵消作用<sup>[2]</sup>,导致小高层排水系统负压增幅更为平缓。

### 2.2 瞬间流量法

DN150 铸铁伸顶通气系统在采用瞬间流量法时,测得的相应汇合流量与最大正、负压关系如图 4 所示。同样,系统的最大正、负压均随着流量的增加而增大,且最大负压变化幅度大于正压。对于小高层排水系统,流量为 4.56 L/s 时,最大负压为 -238 Pa,尚未破封;流量为 6.88 L/s 时,最大负压为 -344 Pa,判定破封。对于超高层排水系统,流量为 4.56 L/s 时,最大负压为 -183 Pa,尚未破封;流量为 6.88 L/s 时,最大负压为 -332 Pa,判定破封。由于破封时最大负压与判定标准压力相差在  $\pm 50$  Pa 以内,确定两种系统瞬间流排水能力为 6.88 L/s。当流量达到 6.88 L/s 时,正压仍未达到判定值,可见负压对系统排水能力起主要影响。

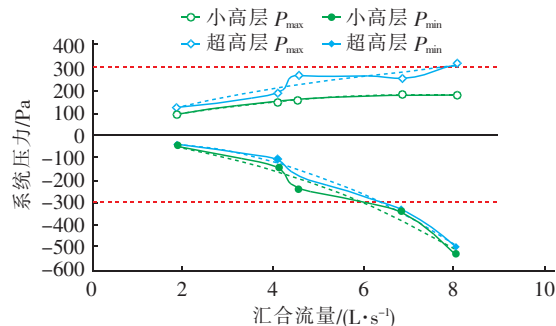


图 4 两种系统瞬间流排水时不同流量下最大正、负压分布

Fig. 4 Distribution of maximum positive and negative pressure at different flow rates with instantaneous flow drainage of low-level and high-level cast iron system

瞬间流排水时各系统压力拟合方程见表 2。

表 2 瞬间流排水时各系统压力拟合方程

Tab. 2 Fitting equation of pressure with instantaneous flow drainage

| 项 目   | 拟合方程式  | $R^2$   |
|-------|--|---------|
| 小高层正压 | $P_{\max} = -2.709\ 9q^2 + 39.940q + 28.057$ | 0.992 6 |
| 小高层负压 | $P_{\min} = -6.210\ 8q^2 - 11.583q - 12.348$ | 0.967 8 |
| 超高层正压 | $P_{\max} = -2.536\ 3q^2 + 53.689q + 29.009$ | 0.889 6 |
| 超高层负压 | $P_{\min} = -8.554\ 4q^2 + 13.629q - 40.37$  | 0.988 8 |

当负压达到 -300 Pa 时,小高层排水系统排水流量拟合值为 5.94 L/s,超高层排水系统拟合流量

为  $6.37 \text{ L/s}$ , 两者略有差异但差异不大 (10% 以内), 所以两种排水系统的排水能力非常接近。

随着流量的增加, 两种铸铁排水系统正压与负压均逐渐增大, 超高层排水系统最大正压的变化幅度较小高层排水系统更大些。在负压方面, 两者的最大负压变化幅度基本相同, 但在相同的汇合流量下, 所测的小高层排水系统负压值要略大于超高层排水系统负压值, 但差值基本都在  $50 \text{ Pa}$  左右。可知, 采用瞬间流量法时, 两区在达到判定标准时的通水能力非常接近。在 DN150 铸铁排水系统中, 排水层高度对最大负压产生的影响较小。

本次所得结论与以前有所不同, 重点对小高层排水系统内最大正、负压力分布与楼层的关系进行分析, 并绘制复式箱图, 见图 5。

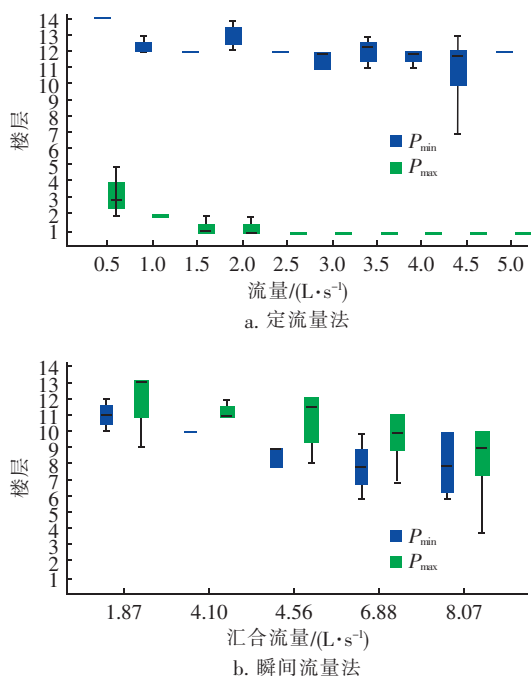


图5 小高层排水系统内压力分布与楼层关系

Fig. 5 Relationship between pressure distribution and floor in low-level drainage system

不难发现, 与采用定流量法相比, 采用瞬间流量法时最大正压产生楼层与最大负压产生楼层更为接近, 同时压力在超高层排水系统内分布也有同样情况发生, 这样排水楼层的降低起不到正压对负压的平衡作用。同时, 铸铁管管壁粗糙度较PVC-U

塑料排水管更大些, 根据终限流速与粗糙度的关系可知, 管壁粗糙度的增加将导致终限流速的降低, 也可能导致最终产生相近的负压值。同时本次所得结果是在 DN150 铸铁管排水系统内获得, 以往结论都是建立在 DN110 PVC-U 塑料管上, 管径的增大也减少了正压对负压的影响。

### 3 结论

对两种不同高度的 DN150 铸铁伸顶通气系统, 采用两种不同的测试方法, 探究了系统内压力与流量之间的关系。结果表明, 两种系统的最大正、负压均随着流量的增加而增大, 且最大负压的变化幅度大于正压的变化幅度。当采用定流量排水时, 对于同条件下的 DN150 铸铁伸顶通气系统, 超高层排水系统的排水能力约为小高层排水系统的 0.7 倍; 而采用瞬间流排水时, 超高层排水系统的排水能力与小高层排水系统基本相同。

### 参考文献:

- [1] 马建芳. PVC-U 排水管与排水铸铁管在建筑中的应用[J]. 山西建筑, 2003, 29(5): 96-97.
- [2] 李军, 高乃云, 张哲. 定常流条件下不同形式排水立管压力波动机理探讨[J]. 给水排水, 2014, 40(7): 79-81, 88.



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: 2017-01-13