

建筑排水立管直接接入污水管网的通风性能分析

张二飞, 卢金锁

(西安建筑科技大学 环境与市政工程学院, 陕西 西安 710055)

摘 要: 污水管道的通风状态对于抑制管道中有害气体的产生和释放具有重要的作用。为此,提出将建筑排水排出管接入市政管网,利用立管排水时吸入的气体来改善管网的通风状态。通过测量通风帽处瞬时风速和气压的变化发现,吸入气体在立管中会随着水流向下流动,最终进入管网。进入管网的气体,约有6%会从管段起端检查井的开启孔处逸出,而大约94%的气体在管道顶部空间流动,用来改善管网的通风状态。排水时吸入的气体量随着排水楼层高度和排水流量的增加而增加,一次排水时吸入的气体可以改善充满度为0.5、管径为DN300的管道32 m范围内的通风状态。各检查井内 H_2S 和 CH_4 的浓度均为零,说明利用建筑立管排水时吸入的气体可以有效改善管网的通风状态。

关键词: 污水管道; 排水立管; 通风状态; 有害气体; 吸入气体

中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)17-0112-04

Improvement of Sewer Ventilation Performance by Directly Linking with Building Vertical Pipe

ZHANG Er-fei, LU Jin-suo

(School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: Ventilation condition of sewer system plays an important role in mitigating the production and release of harmful gases in the sewers. Therefore, it was proposed to directly connect the building drain to the sewer system, where the ventilation condition of the sewer was improved by air inhaled from the vertical pipe. By measuring the change of instantaneous air velocity and pressure at the ventilation cowl, it was found that the inhaled air flowed down with water in the vertical pipe and finally flowed into the sewer. About 6% of the inhaled air escaped from the opening holes of the inspection well, and about 94% of the inhaled air would flow into the headspace of the sewer to enhance the ventilation condition. The amount of inhaled air during drainage increased with the height of the drainage floor and drainage flow rate. The inhaled air during a single drainage could improve the ventilation condition within the range of 32 m pipe with diameter of DN300 and depth ratio of 0.5. The concentration of hydrogen sulfide and methane in the manhole were zero, indicating that the ventilation of the sewer had been effectively enhanced by inhaled air from the vertical pipe.

Key words: sewer; vertical pipe; ventilation; harmful gas; inhaled air

基金项目: 国家自然科学基金面上资助项目(51778523)
通信作者: 卢金锁 E-mail: lujinsuo@xauat.edu.cn

污水在管道中流动,随着停留时间的增长,管道内逐步形成厌氧状态,污水中的有机物很容易被厌氧微生物利用,产生有毒有害气体如 CH_4 、 H_2S 、 CO 等。管道内部空间相对封闭,产生的有毒有害性气体不能及时排出,在管道顶部空间不断积累,浓度经常处于超标状态,引起管道腐蚀、恶臭等,危害人类健康^[1]。

污水管道的通风状态是管道中有害气体产生和释放的重要影响因素^[2],充足的通风能够有效保持污水管道中的好氧环境,抑制有害气体的产生^[3],也能够推动有害气体及时排出管道。目前,关于如何改善管道通风状态的研究非常少见,为此,笔者提出将建筑排水排出管直接接入污水管网,利用建筑立管排水时吸入的气体来改善管网的通风状态。国内居民建筑物普遍设有化粪池^[4],排水时吸入的气体从化粪池排出,未得到充分利用,同时由于化粪池管理不善出现了一系列的问题,有取消化粪池的趋势。这种改善管道通风状态的方法不需耗费人力物力,同时也能避免化粪池出现的问题。

1 材料与方法

1.1 污水管道系统

试验在某教学楼进行,其污水管道系统见图1,建筑立管横出管直接接入污水管网,不接化粪池。教学楼共7层,每层高为3 m,通风帽高出楼顶1 m。试验所选取的卫生器具为男卫生间的大便器,其额定流量为1.2 L/s。各层男卫生间大便器通过立管接入②号检查井,立管管径为DN125,通风帽的直径和排水立管相同。污水由①号检查井流经②、③、④、⑤号检查井后接入管网。污水管道管径为DN300,坡度为0.2%,检查井孔面积均为2 cm²。

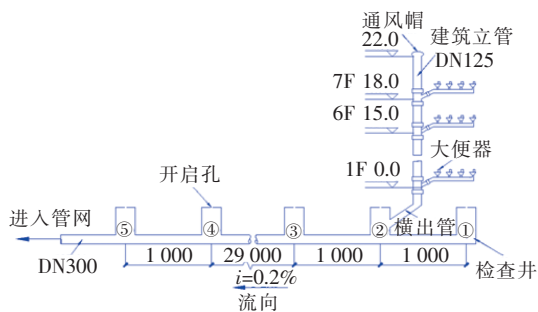


图1 污水管道系统示意

Fig. 1 Schematic diagram of sewer system

1.2 试验方法

试验主要测量指标包括通风帽和检查井开启孔

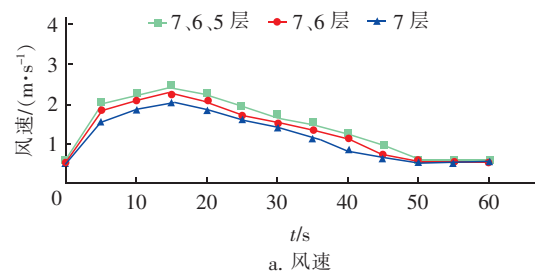
处的空气流速和气压以及检查井内 H_2S 和 CH_4 的浓度。当建筑立管排水,通风帽和开启孔处的风速和气压突变时,开始记录瞬时风速和气压的变化,当瞬时风速和气压恢复到起始状态时,记录结束。根据一段时间内瞬时气压的变化,每5 s取一个值,由这些值计算这一段时间内的平均气压。每次试验时,大便器的排水时间均为20 s;指定楼层排水过程中,其他楼层不得排水,以排除对试验的影响。

Testo-2 风速计:可记录瞬时风速随时间的变化以及一段时间内的平均风速,精度为0.01 m/s;521-1 气压计:可记录瞬时气压的变化,精度为0.1 Pa;M40 气体浓度计:可测量 H_2S 和 CH_4 的浓度,精度为0.1 mg/L。

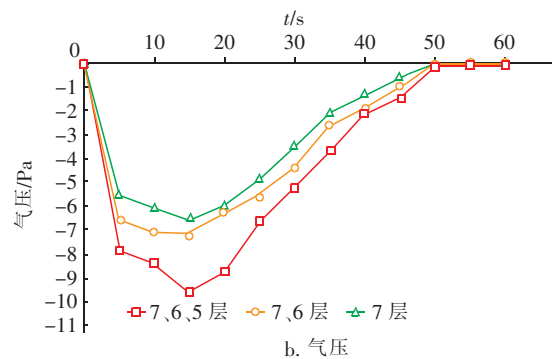
2 结果与讨论

2.1 吸入气体的流向

污水进入立管中,立管上端出现负压^[5],外界气体被吸入,污水在下落过程中会夹带气体一起流动,如果这部分气体可以随水流进入污水管网,而不是逆着水流方向从通风帽处逸出,那么这部分气体就可以改善污水管网的通风状态。从教学楼最高层即第7层的一个大便器开始,由高到低依次向下增加1个大便器,通风帽处的瞬时风速和气压的变化如图2所示。



a. 风速



b. 气压

图2 通风帽处瞬时风速和气压的变化

Fig. 2 Change of instantaneous air velocity and air pressure in ventilation cowl

由图2可知,在开始排水后的极短时间内,3种工况下通风帽处的风速迅速增加,气压迅速降低,风速的最大值和气压的最小值几乎在同一时间点达到,之后风速开始降低,气压回升,最终恢复到起始状态并保持稳定,这说明在排水过程中通风帽处有气体进入,没有气体逸出,因此吸入气体在立管中会随水流向下流动,最终进入污水管网。

2.2 改善管网通风状态的气体量

污水进入立管时会夹带气体一起向下流动,这部分气体进入管网中,一部分会从检查井开启孔处逸出至外部环境,另一部分在管道顶部空间流动,改善管网的通风状态。因此为了确定能够改善管网通风状态的气体量,还需要观察和立管直接相连的污水管道检查井开启孔处风速和气压的情况。从最高层的一个大便器开始,由高到低依次向下增加1个大便器,通风帽和各检查井开启孔处平均风速和气压的变化情况见图3。

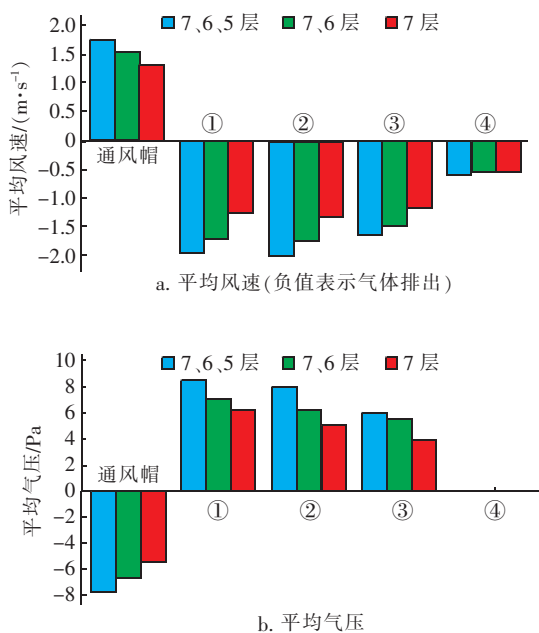


图3 通风帽和开启孔处的平均风速和气压

Fig. 3 Average air velocity and air pressure of ventilation cowl and opening holes

由图3可知,随着排水流量的增加,通风帽处的平均风速增加,平均气压减少,说明吸入的气体体积增加,改善管网通风状态的气体量也随之增加。在排水过程中,开启孔处的风速为负,气压为正,说明有部分气体从开启孔处逸出。由于①号和②号检查井距离太短,所以①号和②号开启孔的状态几乎相同,

但是之后从检查井开启孔逸出的气体量逐渐减少,④号开启孔处几乎没有气体逸出,因此进入管网的气体,一部分会从管段起端检查井的开启孔处逸出,另一部分在管道顶部空间流动,用来改善管网的通风状态。

根据通风帽和开启孔的面积、排水时间以及平均风速可知进入立管的气体体积和从开启孔逸出的气体体积,因此不同管段中的气体体积是不同的,如图4所示。3种情况下,各管段的气体体积变化趋势相同,进入管网的气体体积为761~1020 L,在流经管段起端的检查井时会有部分气体从开启孔处逸出,因此管段中的气体体积逐渐减少,最后稳定在720~962 L,约为进入管网总气体量的94%,因此进入管网的气体,约有6%从检查井开启孔处逸出,其余94%的气体则在管道顶部空间流动以改善管网的通风状态。

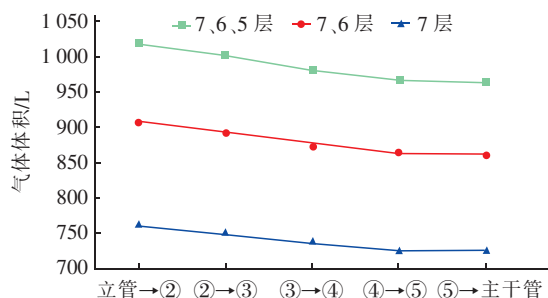


图4 各管段中气体体积的变化

Fig. 4 Change of air volume in connected sewers

2.3 吸入气体量的变化

当建筑立管开始排水时,由于立管上部出现负压,所以外界的气体会被吸入,并且吸入的总气体量约有94%可以用来改善管网的通风状态,因此为了计算改善管网通风状态的气体量必须先计算出吸入的总气体量。吸入的总气体量可根据通风帽处的平均风速、通风帽直径以及排水时间计算得到。当教学楼多层多个大便器同时排水时,吸入的总气体量的变化见图5。可知,随着排水楼层高度的增加和排水流量的增大,吸入的气体体积增加,则能够用来改善管网通风状态的气体体积也随之增加。吸入的气体体积为184~1209 L,则在管道顶部空间流动以改善管网通风状态的气体体积约为173~1136 L,与建筑立管相连的管道直径为DN300,假设污水管道的充满度为0.5,则通风状态得到改善的长度约为5~32 m。

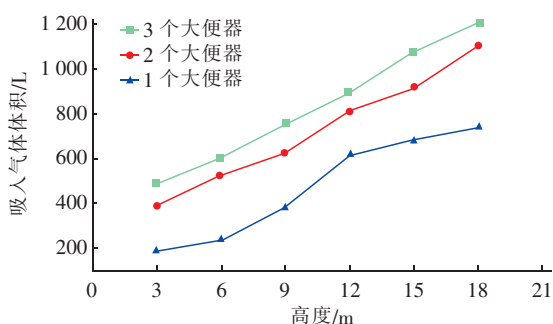


图5 吸入气体体积的变化

Fig. 5 Change of inhaled air volume

2.4 改善管网通风状态的效果检验

可以通过测量检查井内 H_2S 和 CH_4 的浓度来检验污水管网的通风状态是否得到改善。检测发现,①~⑤号检查井内 H_2S 和 CH_4 的浓度均为零,说明将建筑排水排出管直接接入污水管网,利用立管排水时吸入的气体可以有效改善污水管网的通风状态。

3 结论

① 将建筑排水排出管直接接入污水管网,立管排水时,外界气体会被吸入而随着水流在立管中一起向下流动,这部分气体约有 94% 在管道顶部空间流动,可用来改善管网的通风状态。

② 排水时吸入的气体量随着排水楼层高度和排水流量的增加而增加,一次排水时吸入的气体可以改善充满度为 0.5、管径为 DN300 的管道 32 m 范围内的通风状态。

③ 经检测,各检查井内 H_2S 和 CH_4 的浓度均为零,说明将建筑排水排出管直接接入污水管网,利用建筑立管排水时吸入的气体可以有效改善管网的通风状态。

参考文献:

- [1] 许小冰,王怡,王社平,等. 城市排水管道中有害气体控制的国内外研究现状[J]. 中国给水排水,2012,28(14):9-12.

Xu Xiaobing, Wang Yi, Wang Sheping, *et al.* National and international research on control of harmful gases in municipal drainage pipeline [J]. China Water & Wastewater, 2012, 28(14): 9-12 (in Chinese).

- [2] Granata F, de Marinis G, Gargano R. Air-water flows in circular drop manholes [J]. Urban Water Journal, 2014, 12(6): 477-487.
- [3] Madsen H I, Hvitved-Jacobsen T, Vollertsen J. Gas phase transport in gravity sewers—A methodology for determination of horizontal gas transport and ventilation [J]. Water Environ Res, 2006, 78(11): 2203-2209.
- [4] 武海霞,孙文全,吴慧芳,等. 化粪池新管理模式的探讨[J]. 中国给水排水,2012,28(22):14-17.
- Wu Haixia, Sun Wenquan, Wu Huifang, *et al.* Discussion on new management mode of septic tank [J]. China Water & Wastewater, 2012, 28(22): 14-17 (in Chinese).
- [5] Cheng C L, Lu W H, Shen M D. An empirical approach: Prediction method of pressure distribution on building vertical drainage stack [J]. Journal of the Chinese Institute of Engineers, 2005, 28(2): 205-217.



作者简介:张二飞(1991-),男,河南济源人,硕士,研究方向为污水管网有害气体的控制。

E-mail: fendouze@163.com

收稿日期:2018-02-03