

建筑排水专用通风管下迁回侧排系统的研究

郭进军, 赵力军, 丰汉军
(广州市设计院, 广东 广州 510620)

摘要: 为了配合建筑造型的要求,打破传统的建筑排水专用通气系统型式,将通风管往下迁回后从侧面排出至室外。通过水力计算得到卫生器具水封刚好被破坏时的高空风压所对应的风速值,这为日后设计类似建筑排水透气系统提供了依据;同时将该系统延伸列举出几种在工程实践中可以应用的系统型式,即通风管下迁回单侧排放系统、通风管下迁回对向侧排系统、卫生间环形通风管下迁回系统。

关键词: 建筑排水专用通风管; 下迁回; 侧排; 高空风压; 水力计算模型; 水封

中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)09-0070-05

Special Ventilation Pipe with Downward Circuitous and Side-discharge for Building Drainage System

GUO Jin-jun, ZHAO Li-jun, FENG Han-jun

(Guangzhou Design Institute, Guangzhou 510620, China)

Abstract: To cooperate with architectural requirement, the traditional style of building drainage special ventilation system was transcended—the vent pipe was bent down and then exited from the side-wall. When the water seal of appliance was broken, wind speed was theoretically derived from the corresponding upper air pressure, this provided the bases for the design of similar building drainage ventilation systems in the future. Several derivatives of the system were provided for application in engineering practices, including special ventilation pipe downward circuitous and side-discharge, special ventilation pipe downward circuitous and opposite side-discharge, and downward circuitous annular ventilation pipe in toilet.

Key words: special ventilation pipe for building drainage; downward circuitous; side-discharge; upper air pressure; hydraulic calculation model; water seal

广州市设计院在某超高层甲级写字楼给排水专业设计中遇到一个比较特殊的问题,就是建筑顶部由于造型需要为弧形,卫生间透气立管不允许直接向上排至屋面,而最顶层侧面周圈为玻璃幕墙也不允许从最顶层侧面直接排出,经过分析最终采用伸顶通风管迁回至下面某一层,然后从侧面排出的方式。但是,此通气方式在国内外理论及工程实践方面均未有提及,因此该院给排水专业对此课题进行了立项研究。目前,该项目已竣工验收并投入使用,

笔者结合课题研究过程和使用情况对该科研项目进行了总结,旨在为日后设计类似建筑排水通气系统提供依据。

1 系统设置及研究意义

目前建筑给排水工程设计中通气立管均向上伸至屋面或顶部侧出进行通气,国内外暂未出现通气立管下迁回接横管排至室外的通气系统。该项目中按照通风管下迁回后侧排至室外进行设计,现场也按此方式施工完毕。同时,为保证项目实际运行后

最不利情况下不影响正常排水,在通气管顶部加设进口质量较好的吸气阀及检修阀,以保证项目在下迁回侧排系统失效时排水通气系统仍能正常运行。该项目中通气管下迁回侧排系统最开始按单侧排放至室外考虑,系统示意图见图1。

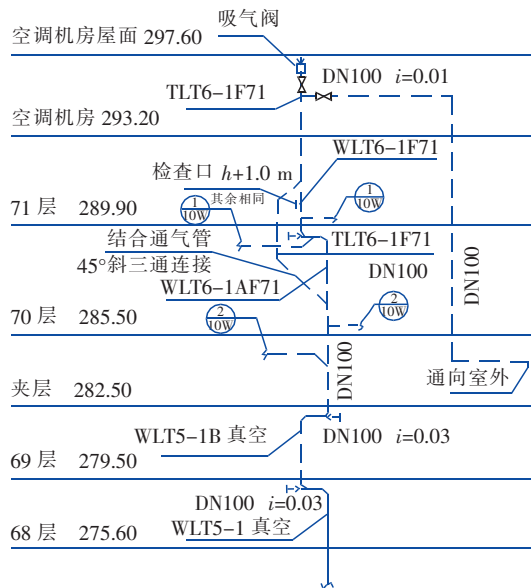


图1 专用通气管下迁回单侧排放系统示意

Fig.1 Schematic diagram of special ventilation pipe with downward circuitous and side-discharge

如果此通气系统证明可行,将会更利于工程设计中创新:一是,配合建筑构造要求可以灵活设置通气管排气方式;二是,可以给建筑更多的造型发挥空间,不必受通气管设置的影响而错失好的建筑创意空间。

2 理论分析

2.1 通气系统理论验算关键技术

建筑排水系统的伸顶通气有两大作用:①平衡排水系统中由于楼层排水造成立管中产生正、负压力波动,保护卫生器具存水弯中的水封,防止由于卫生器具水封破坏造成排水管道中有毒有害气体污染室内环境;②将排水管道中积聚的有毒有害气体散发至大气中,防止下水道中因甲烷气体引燃而发生爆炸。

理论验算需要论证的关键问题是核算通气管下迁回后管内气压变化及高空侧排时高空风压对卫生器具水封的影响。如果水封压力波动在规范允许范围内,则表明此系统可以进一步使用,反之则需要考虑其他解决方法减少对水封的影响。

2.2 通气管下迁回单侧排放系统水力模型

为便于理论计算,该项目中伸顶通气管下迁回侧排系统简化后的水力计算模型见图2。

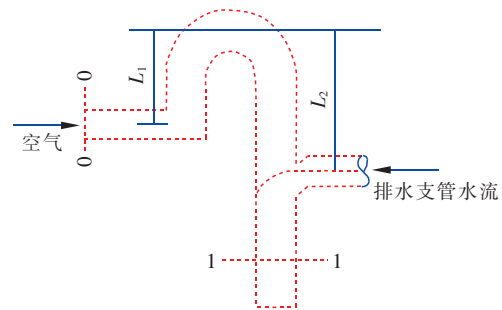


图2 通气管下迁回单侧排放水力模型

Fig.2 Hydraulic model of special ventilation pipe with downward circuitous and side-discharge

选取空气进入管口处0-0基准面和排水横支管下最大负压形成处1-1断面,空气在这两个断面上的伯努利方程为:

$$\frac{v_0^2}{2g} + \frac{P_0}{\rho g} = \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + (\varepsilon + \lambda \frac{L_1 + L_2}{d_j} + K) \frac{v_a^2}{2g} \quad (1)$$

式中, v_0 、 P_0 、 v_1 、 P_1 分别为两个断面处的空气流速、空气相对压力; v_a 为空气在通气管内的流速; ρ 为空气密度; g 为重力加速度; ε 为空气进入管口处的局部阻力系数,取0.5; $L_1 + L_2$ 为空气从管口到排水支管处经过的路程,该项目为25 m; d_j 为管道内径,该项目所用DN100铸铁管的 d_j 为0.103 m; λ 为管壁总摩擦系数,包括沿程损失和局部损失,取0.05; K 为进水水舌局部阻力系数,取25。

目前项目高度处气压基本为大气压,即 $P_0 = 0$,式(1)简化整理得:

$$P_1 = \rho \left[\frac{v_0^2}{2} - \frac{v_1^2}{2} - (\varepsilon + \lambda \frac{L_1 + L_2}{d_j} + K) \frac{v_a^2}{2} \right] \quad (2)$$

为补充挟气水流造成的真空,通气管内空气不断流经1-1断面处,故 $v_1 = v_a$,式(2)简化为:

$$P_1 = \rho \left[\frac{v_0^2}{2} - (1 + \varepsilon + \lambda \frac{L_1 + L_2}{d_j} + K) \frac{v_1^2}{2} \right] \quad (3)$$

断面1-1为产生最大负压处,该处气核随水膜一起下落,其流速 v_1 与终限流速 v_t 近似相等,按《建筑给水排水工程》计算得到:

$$v_t = 4.4 (1/K_p)^{0.1} (Q/d_j)^{0.4} \quad (4)$$

将式(4)代入式(3),可得:

$$P_1 = \rho \left[\frac{v_0^2}{2} - 9.68 (1 + \varepsilon + \lambda \frac{L_1 + L_2}{d_j} + K) \frac{v_1^2}{2} \right]$$

$$K) \left(\frac{1}{K_p} \right)^{0.2} \left(\frac{Q}{d_j} \right)^{0.8} \quad (5)$$

式(5)即为排水横支管器具水封破坏压力公式。该项目中铸铁管 $K_p = 25 \times 10^{-5} \text{ m}$, 设计排水流量 $Q = 3.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, 空气密度为 1.29 kg/m^3 。

2.3 水封破坏条件验算

按上述通气管下迁回单侧排放水力模型计算结果,排水横支管卫生器具水封破坏压力 P_1 主要与高空风速 v_0 有关,而此压力值正是衡量卫生器具水封是否破坏的重要参数。

参考《地漏》(CJ/T 186—2003)中要求:密闭型地漏不排水时其盖板密闭性能应能承受 0.4 MPa 持续水压 10 min 无水溢出;有水封地漏正常排水条件下,当排水管道负压为 $(-400 \pm 10) \text{ Pa}$ 并持续 10 s 时,地漏中的水封深度应不小于 20 mm 。因此,将 $P_1 = \pm 400 \text{ Pa}$ 作为水封刚好破坏的临界压力值进行验算。当 $P_1 = 400 \text{ Pa}$ 时,代入排水横支管卫生器具水封破坏压力公式,计算得出 $v_0 = 30 \text{ m/s}$;当 $P_1 = -400 \text{ Pa}$ 时,代入排水横支管卫生器具水封破坏压力公式, v_0 无结果,说明该项目条件下卫生器具处压力不可能达到破坏水封的负压值。

由以上计算结果可知,当高空风速达到 30 m/s 时会破坏卫生器具水封。一般建筑高度较低时,侧排通气管处风速不会达到 30 m/s ,但是如果在超高层建筑,特别是该项目侧排通气管口离地约 280 m ,很可能出现高达 30 m/s 的风速。

2.4 高空风压影响解决方案

为了解决超高层建筑中高空风压破坏通气管下迁回侧排系统水封,必须降低高空风速 v_0 。经反复探讨后,项目组创造性地提出在通气管下迁回侧排至室外的同时反向设通气管侧排至另一侧。这样,空气直接通过水平通气管流至另一侧而几乎不影响竖直段通气管,此时可认为上述水力模型中 $v_0 = 0$,代入公式(5)计算得出 $P_1 = -176 \text{ Pa}$,远小于 $\pm 400 \text{ Pa}$ 的破坏标准。

根据以上分析,该项目最终按通气管下迁回后对向侧排至室外。

当然,若为一般高度建筑或低层建筑,风速不大的情况下通气管下迁回后不必反向接至室外,也不会出现风压破坏卫生器具水封的情况。

3 系统运行

该项目中通气管下迁回后对向侧排至室外系统

已安装完毕并投入使用,排水系统运行正常未出现水封破坏串味或排水不顺畅反水的情况。另外,参考国家住宅与居住环境工程技术研究中心、万科企业股份有限公司及重庆大学城市建设与环境工程学院在国家住宅工程中心——万科建研中心超高层等比例试验塔进行的一系列试验结果^[1~3],对该下迁回侧排透气系统做进一步分析。

文献[1]、[2]考察了风对超高层排水系统压力的影响。文献[1]的研究结果表明,持续 2 min 、平均风速为 2.5 m/s 的大风条件下,风对离通气立管顶部 10 m 以内排水支管压力影响较大,但是压力波动范围在 $\pm 400 \text{ Pa}$ 以内。文献[2]采用风机直接对吹通气立管和平吹通气立管,结果也是顶部几层排水管压力波动较大,且很多已经超过 400 Pa ,这可能和试验用风机风速过大有关。

文献[1]、[2]的排水系统型式和下迁回侧排通气系统型式还是有所区别的,主要是下迁回通气立管不是直接伸顶而是经过几次转弯后往下从侧面排出,这样风速对下迁回通气系统的影响比上述试验系统可能会弱。而且为了减小风速的影响,将下迁回通气系统按前述方法改进为同时对向侧排至室外,这样应该足以保证排水系统水封不被破坏。

综上,建筑排水通气管下迁回侧排系统在实践中是可行的。当然,有条件时希望能在试验塔进行等比例“通气管下迁回侧排系统”的试验研究,这样能够收集更多的数据,同时也能更好地推广应用该系统。

4 通气管下迁回侧排系统类型

根据该工程中的系统情况,对通气管下迁回侧排系统进行提炼,总结出以下3种透气系统,即通气管下迁回单侧排放系统、通气管下迁回对向侧排系统、卫生间环形通气管下迁回系统。

4.1 通气管下迁回单侧排放系统

建筑层数较少时,按前述可知风压不会破坏卫生器具水封。伸顶通气管在连接最顶部卫生间通气管后不继续伸顶,通气管往下迁回至可以侧接出建筑室外的建筑层,水平设置的通气管单侧接至室外即可。

同时设置横管坡向污水立管以便于排除通气管内冷凝积水。通气横管接至建筑室外处需结合建筑外立面设置侧排透气帽。通气管下迁回单侧排放系统如图3所示。

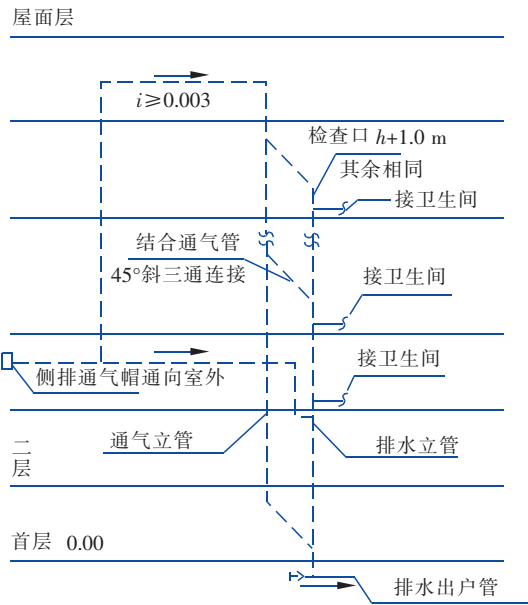


图 3 专用通气管下迁回侧排系统

Fig. 3 Schematic diagram of special ventilation pipe with downward circuitous and side-discharge

4.2 通气管下迁回对向侧排系统

建筑层数较多且高度较高时,需要平衡高空风压以免破坏水封。需要在通气管下迁回单侧排放系统的基础上,通气横管反向排至对立面建筑室外并与正向通气横管连通。系统如图 4 所示。

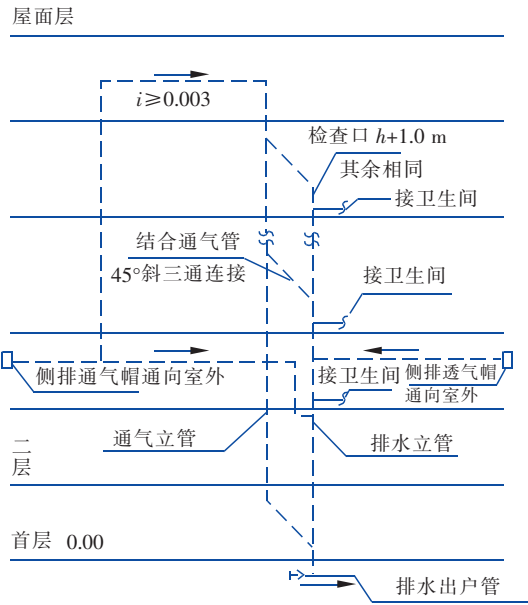


图 4 专用通气管下迁回对向侧排系统

Fig. 4 Schematic diagram of special ventilation pipe downward circuitous and opposite side-discharge

4.3 卫生间环形通气管下迁回系统

卫生间环形通气管由于天花内管线较多,无法按传统接管方式在本层天花内连接专用通气管,可以在卫生器具上边缘 0.15 m 高以上将环形通气管下迁回至下层天花,然后再接至专用通气立管。接通气立管的横管保持一定坡度便于排除通气管内冷凝积水。

按前述方法分析计算,可知此系统也不会破坏卫生器具水封。系统如图 5 所示。

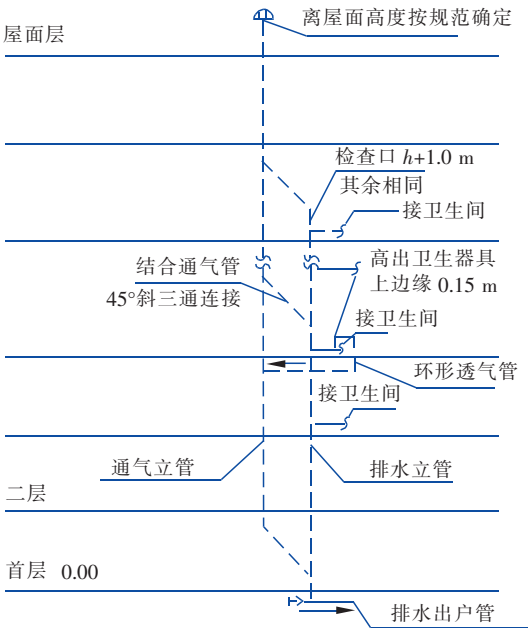


图 5 卫生间环形通气管下迁回系统

Fig. 5 Schematic diagram of annular ventilation pipe in toilet downward circuitous

5 结论

通过理论分析计算、实际工程应用情况及参考相关试验成果可知,建筑排水专用通气管下迁回侧排系统是科学可行、安全可靠的,在日后建筑给排水设计中可以设置此系统以解决配合建筑造型不能伸顶通气的问题。当然,由于该系统为初次提出,在使用时需结合具体项目情况对前述理论分析中参数重新取值进行水封破坏验算,以保证排水通气系统设置安全、可靠。

参考文献:

[1] 张哲,张磊,席鹏鸽,等. 特殊气象条件下的建筑内排水系统研究(一)——风对超高层建筑排水系统内压力的影响[J]. 给水排水,2013,39(10):94-97.

Zhang Zhe, Zhang Lei, Xi Pengge, *et al.* Drainage system of special weather conditions inside building (one)—Influence of wind on the inside pressure of the drainage system in super high-rising building [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2013, 39(10): 94–97 (in Chinese).

- [2] 张哲, 张磊, 席鹏鸽, 等. 特殊气象条件下的建筑内排水系统研究(二)——采用风机模拟大风条件的试验研究[J]. *给水排水*, 2013, 39(12): 91–94.

Zhang Zhe, Zhang Lei, Xi Pengge, *et al.* Probe into the building drainage system under special weather condition (two)—Experiment study under the atmospheric conditions simulated by blower[J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2013, 39(12): 91–94 (in Chinese).

- [3] 张哲, 赵珍仪, 黄鋆尧, 等. 两种不同管材的超高层伸顶通气系统排水能力对比[J]. *中国给水排水*, 2016, 32(23): 159–162.

Zhang Zhe, Zhao Zhenyi, Huang Junyao, *et al.* Comparison of drainage capacity between cast iron and PVC-U pipes extended ventilation drainage system for super high-

rise building[J]. *China Water & Wastewater*, 2016, 32(23): 159–162 (in Chinese).



作者简介:郭进军(1979–), 男, 湖北洪湖人, 大学本科, 高级工程师, 国家注册公用设备工程师, 主要从事给排水设计、咨询工作。

E-mail: edward200179@163.com

收稿日期: 2017–10–12

(上接第69页)

oil infiltration system[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2013, 33(7): 1926–1931 (in Chinese).

- [5] Zhi W, Ji G D. Quantitative response relationships between nitrogen transformation rates and nitrogen functional genes in a tidal flow constructed wetland under C/N ratio constraints[J]. *Water Res*, 2014, 64: 32–41.

- [6] 王元月, 魏源送, 张树军. 厌氧氨氧化技术处理高浓度氨氮工业废水的可行性分析[J]. *环境科学学报*, 2013, 33(9): 2359–2368.

Wang Yuanyue, Wei Yuansong, Zhang Shujun. Feasibility analysis of anammox for treating high strength ammonia industrial wastewater[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2013, 33(9): 2359–2368 (in Chinese).

- [7] 赵博玮, 李建政, 邓凯文, 等. 木质框架土壤渗滤系统处理养猪废水厌氧消化液的效能[J]. *化工学报*, 2015, 66(6): 2248–2255.

Zhao Bowei, Li Jianzheng, Deng Kaiwen, *et al.* Efficiency of wood-chip-framework soil infiltration system in treating anaerobically digested swine wastewater[J]. *CIESC Journal*, 2015, 66(6): 2248–2255 (in Chinese).

- [8] 邓凯文, 李建政, 赵博玮. WFSI 处理低 C/N 比养猪废水的效果及脱氮机制[J]. *中国环境科学*, 2016, 36(1): 87–91.

Deng Kaiwen, Li Jianzheng, Zhao Bowei. Efficiency and

denitrification mechanism in a wood-chip-framework soil infiltrator treating piggery wastewater with low C/N ratio [J]. *China Environmental Science*, 2016, 36(1): 87–91 (in Chinese).

- [9] Zhang L Y, Ye Y B, Wang L J, *et al.* Nitrogen removal processes in deep subsurface wastewater infiltration systems[J]. *Ecological Engineering*, 2015, 77: 275–283.



作者简介:吕晶晶(1985–), 女, 河南新乡人, 博士研究生, 讲师, 主要研究方向为改良土壤渗滤法的脱氮除磷技术。

E-mail: zd-ljq@163.com

收稿日期: 2017–10–12