

(14)

86-90, 102

互补湿通气在高层建筑排水系统中的应用

魏福森 Tu 992.03
(城市建设学院)

A 摘要 阐述了高层建筑排水系统的特点、排水体制,着重分析了高层住宅、高层旅馆的排水系统。研究表明,住宅和旅馆类高层建筑20层及20层以下时宜采用分流制,在排水立管管径为100 mm时可以不采用三管制而采用互补湿通气排水系统,这在技术上是可行的,经济上是合理的。

关键词 高层建筑; 排水体制; 互补湿通气

中图法分类号 TU992.03

1 高层建筑排水系统的特点

高层建筑高度大,建筑功能复杂,使用人数多,因而卫生洁具多,用水量大。高层建筑排水系统具有以下特点:排水立管长,排水量大,流速高。污水在排水立管中的流动既不是稳定的压力流,又不是一般的重力流。水流在立管的中心部分包卷着一团气体称为气核体,呈水气两相流动状态。水流沿立管下落时不断会发生气体压力的变化即扩张或压缩,在排水量大时会引起管内极大的气压波动,往往形成水塞,对卫生洁具水封产生严重影响。因此在设计时应避免排水立管中产生水塞流,而使其处于水膜流状态,在排水横支管和排出管中考虑一定的充满度($\frac{h}{d}$)。为此在排水系统中应设置通气管系统,这在高层建筑中特别重要。

2 高层建筑排水系统的体制

高层建筑排水系统有合流制和分流制两类。合流制一般是粪便污水与生活废水合流或与冷却废水合流,分流制一般是粪便污水与生活废水分流,生活污水与雨水分流,生活污水与含油废水分流等。采用何种体制应考虑建筑物的特点,室内污废水的性质、污染程度、室外排水制度、当地污水处理设施完善程度及污水综合利用与处理等,进行技术经济综合比较而定。目前绝大多数高层建筑排水系统采用分流制,即粪便污水与生活废水分流,雨水单独排出。就我国当前现实国情而言,分流制排水系统有显著的优点。因为粪便污水与生活废水分流,各层排水横支管进入立管的距离大大缩短,转弯处减少,使水流较为畅通,减少了管内的气压波动,并减少了堵塞的可能,有利于设计、施工与维护。粪便污水进入化粪池局部处

* 收稿日期:1994-10-10

魏福森,男,1942年生,副教授,重庆建筑大学城市建设学院(630045)

理,然后排入城市排水管网,这比污水废水合流时的化粪池的容积大大减小,并且有利于提高粪便污水处理的效果。生活废水进入化粪池,使化粪池不容易形成污泥壳层,影响有机物厌氧分解,使污水处理效果降低。目前我国城市中有生活污水处理厂的不多,设化粪池处理生活污水为一种较简便和较经济的措施,它可以使水体的污染较为减轻。对于公共食堂厨房、餐厅等含大量油脂的污水及冲洗车辆的含油废水,可以经过隔油池除油后排出。生活废水直接排入城市排水管网,屋面雨雪水直接排入城市雨水管道。由于分流,各系统之间互不影响,工作较安全可靠。分流制的不足之处是耗费管材,增加了管道竖井和管道层的面积。

合流制的优点是粪便污水与生活废水合流排水流量增大,水力条件较好。由于排水管道减少,可以减小管道竖井和管道层的面积,造价比较经济。合流制的缺点是不利于排水横支管的布置,横支管进入立管拐弯较多,发生堵塞的可能性较大。一旦排水系统发生堵塞,影响面较大,将会从地漏,浴盆等处冒粪水。当设有化粪池时,合流制排水将影响化粪池污水处理效果。另外,合流制不能回收利用生活废水等,例如当建筑要采用中水系统时。

综上所述,我认为高层建筑排水系统宜采用分流制。

3 高层住宅和高层旅馆的排水系统

高层建筑的高层部分一般为住宅或旅馆(包括宾馆等),或者是办公楼(包括教学楼、科研楼、百货楼等)。就卫生洁具的布置而言,住宅与旅馆类变化不大,各种办公楼的差异较大。本文仅就住宅与旅馆的排水系统进行初步分析。

我国目前高层住宅每户的卫生间和厨房的卫生洁具一般为大便器、洗脸盆、浴盆、单格洗涤盆、家用洗衣机等,而且洗脸盆、浴盆、大便器都在一个卫生间内。从使用情况来看,洗衣机的排水可不计入。大便器考虑排水量最大的低水箱坐式大便器,排水当量 $N_p = 6$,洗脸盆(有塞) $N_p = 0.75$,浴盆 $N_p = 3$,单格洗涤盆 $N_p = 2$ 。一根排水立管每层一般接入两户的生活污水。在合流制时,每户 $N_p = 11.75$,两户共 23.5 个排水当量。分流制时,粪便污水每层 $N_p = 12$,生活废水 $N_p = 11.5$ 。我国目前高层旅馆每套的卫生间的卫生洁具一般为低水箱坐式大便器、洗脸盆(有塞)、浴盆三种,由上述可知,一根排水立管每层合流时一个卫生间 $N_p = 9.75$,两个卫生间 $N_p = 19.5$ 。分流时,粪便污水每层 $N_p = 12$,生活废水 $N_p = 7.5$ 。

《建筑给水排水设计规范》GBJ 15-88(以下简称《规范》)第 3.4.5 条规定了住宅、集体宿舍、旅馆、医院、办公楼等建筑生活污水设计秒流量的计算公式为:

$$q_s = 0.12\alpha\sqrt{N_p} + q_{\max} \quad (1/s)$$

式中 q_s — 计算管段污水设计秒流量(1/s);

N_p — 计算管段的卫生洁具排水当量总数;

α — 根据建筑物用途而定的系数,按《规范》中表 3.4.5 确定,对于本文中的住宅、旅馆类建筑的卫生间, $\alpha = 2.0 \sim 2.5$,取最不利条件 $\alpha = 2.5$;

q_{\max} — 计算管段上最大的一个卫生洁具的排水流量(1/s)。对于本文合流时 $q_{\max} = 2$ 1/s,分流时粪便污水和生活废水分别为 2 1/s 和 1 1/s。

由上式得

$$N_p = \left(\frac{q_s - q_{\max}}{0.12 \times \alpha} \right)^2$$

《规范》第3.4.14条表3.4.14—1规定了排水立管的最大排水能力。常用的排水立管为DN100,在无专用通气立管、采用新铸铁排水管时, $q_s=4.51/s$,即

$$0.12 \times 2.5 \sqrt{N_p} + 2 = 4.5$$

则 $N_p=70$

采用 DN100的排水立管对于住宅合流制时排水负荷为三层($\frac{70}{23.5}$),分流制时排水负荷粪便污水为6层($\frac{70}{12}$),生活废水也为6层($\frac{70}{11.5}$)。

采用 DN100的排水立管对于旅馆合流制时排水负荷为三层($\frac{70}{19.5}$),分流制时粪便污水为6层,生活废水可达9层($\frac{70}{7.5}$)。以粪便污水为准可为6层。

显然,在高层建筑中不放大排水立管的管径就应设通气立管,才能适应较大的排水流量。排水立管管径不能太大,否则将给施工带来困难,除超高层建筑外,排水立管管径一般不大于150 mm(雨水立管例外)。为加强排水管的通气设置了通气立管。《规范》第3.6.2条规定生活污水立管所承担的卫生洁具排水设计流量,当超过无专用通气立管的排水立管最大排水能力时,应设专用通气立管。目前我国住宅和旅馆类高层建筑比较普遍的作法是全流制时采用一根排水立管和一根专用通气立管,专用通气立管每隔二层设结合通气管与排水立管辖接,这种方式又称二管制。如图1所示,当为分流制时采用一根专用通气立管与一根粪便污水立管和一根生活废水立管每隔二层设结合通气管辖接,这种方式又称三管制。如图2所示。

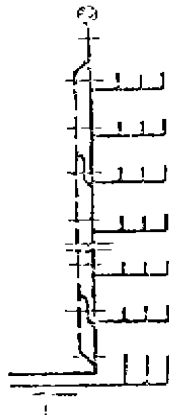


图 1 二管制排水系统

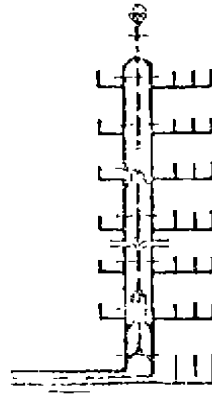


图 2 三管制排水系统

据《规范》第3.4.14条表3.4.14—1规定,有专用通气立管时排水立管管径为100 mm的排水能力将由4.51/s增加到91/s,即

$$0.12 \times 2.5 \sqrt{N_p} + 2 = 9$$

则 $N_p=544$

对于住宅,在排水立管为DN100合流制时排水负荷为23层,分流制时粪便污水为45层,生活废水为47层,以粪便污水为准,为45层。

对于旅馆,在排水立管为DN100合流制时排水负荷为28层,分流制时粪便污水为45层,生活废水为72层,以粪便污水为准,为45层。

显然,在增设了通气立管以后,排水立管的排水量大大增加。我国目前15—20层的高层住宅和旅馆占住宅、旅馆类高层建筑比例很大,如上述理由仅设伸顶通气管是不行的。在分流制时能否不采用通气立管而又不影响排水立管正常工作?下面提出一种设想。

欧美国家通常采用互补湿通气排水系统,条件是排水为分流制,每层横支管上卫生洁具一般不超过三个,且横支管不长,不用设环形通气管。在粪便污水立管和生活废水立管之间每隔3—5层设结合通气管,形成互补湿通气方式,见图3。住宅、旅馆类高层建筑具备了采用互补湿通气排水系统的条件。大便器的排水量虽然大但历时短,而且使用次数有限。根据《规范》第3.8.3条,住宅、集体宿舍、旅馆使用大便器的人数为总人数的70%左右。因此,粪便污水立管经常处于空管,具有通气管的作用。粪便污水立管排水一般与生活废水排水高峰错开,生活废水立管对粪便污水立管而言,也具有通气立管的作用。对于这种具有排水和通气双重作用的立管服务的层数,只要求出立管的长度就行了。在美国计算通气立管的许可长度采用下面的公式:

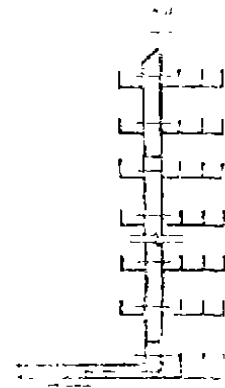


图3 互补湿通气排水系统

$$h = \left(\frac{\lambda L}{d} + \sum \zeta \right) \frac{V^2 \gamma_a}{2g} + \frac{V_i^2 \gamma_a}{2g} \quad (\text{mmH}_2\text{O})$$

式中 h —空气通过连续排水管系中产生的压力损失 (mmH_2O),在美国和日本规定为 $25\text{mmH}_2\text{O}$ 。我国《规范》规定卫生洁具存水弯和地漏的水封深度不得小于 50mm ,在设计中安全系数取为2,也以 $\pm 25\text{mm}$ 作为控制指标;

L —通气立管的许可长度 (m);

d —通气立管管径 (m),这里 $d=0.1\text{m}$;

V_i —水流终限流速 (m/s)。

V —空气在通气立管中的流速 (m/s)。美国人陶逊 (Dawson) 和卡林斯基 (Kalinske) 研究认为排水立管中水流呈水膜状下落时,立管中心的空气向下流动的速度与水膜状水流内层流动的终限流速相等,因而在这里 $V=V_i$;

γ_a —空气的容重, $\gamma_a=1.293\text{kg/m}^3$;

g —重力加速度, $g=9.81\text{m/s}^2$;

λ —沿程阻力系数, $\lambda=78.315 \frac{n}{R^3}$,当通气立管管径 $d=100\text{mm}$, $n=0.013$ (排水铸铁管)

时, $\lambda=0.04526$;

n —管壁粗糙系数,排水铸铁管为 0.013 ;

R —水力半径 (m), $R=\frac{d}{4}=\frac{0.1}{4}=0.025\text{(m)}$;

ζ —通气管的局部阻力系数,相《给水排水设计手册》第一册第十五章表15-1“局部阻力系数”,排水横管与排水立管 45° 斜三通连接时, $\zeta=0.5$ 。如果排水立管负荷有 m 层,

则 $\sum \zeta = m\zeta$ 。一般来说,住宅和旅馆高层部分层高为 3 m 左右,通气立管可近似为建筑高度,则 $\sum \xi = \frac{L}{3}\xi$ 。

在仅设伸顶通气管的排水系统中,当连续排水时排水立管的充水率 $r = \frac{\omega_k}{\omega} = 0.2$, ω_k 为相应于终限流速 V_t 时的过水断面, ω 为排水立管的断面。在有通气立管并且连续排水时, $r = \frac{\omega_k}{\omega} = \frac{1}{4} \sim \frac{1}{3}$ 。这里考虑到互补湿通气排水系统中排水立管兼作通气立管,排水立管充水率 $r = \frac{1}{4}$ 。从排水立管在水膜流时的通水能力的计算结果中得出,排水立管管径为 100 mm,当 $r = \frac{1}{4}$ 时,立管排水流量 q_n 为 6.67 l/s,终限流速 $V_t = 3.4$ m/s。

将以上数据代入式 $h = \left(\frac{\lambda L}{d} + \sum \zeta\right) \frac{V^2 \gamma}{2g} + \frac{V_t^2 \gamma}{2g}$ 中,

得

$$25 = \left(\frac{0.04526L}{0.1} + \frac{L}{3} \times 0.5\right) \times \frac{3.4^2 \times 1.293}{2 \times 9.8} + \frac{3.4^2 \times 1.293}{2 \times 9.8}$$

则 $L = 52$ (m)

即采用互补湿通气排水系统时,排水立管长可达 52 m 左右,大约为 17 层的建筑高度。因为卫生洁具是间断排水,立管长度实际上应大于 52 m。对于 DN100 的建筑排水硬聚氯乙烯塑料管, $\alpha = 0.009$, $\lambda = 0.02169$, 则 $L = 82$ m, 大约 27 层的建筑高度,比排水铸铁管增加 58% 左右。

按我国《规范》计算,在 $q_n = 6.67$ l/s 时,对于 DN100 mm 立管,由前述方法计算,粪便污水立管的排水负荷为 20 层,与上面计算差不多。这里应注意到系数 α 值是采用最大值 2.5, q_{max} 亦采用最大值 2 l/s。根据我国目前和今后 20 年左右的发展来看,20 层和 20 层以下的高层住宅和高层旅馆较多,此种建筑采用互补湿通气排水系统有很大的适用性。它可以减少一根通气立管,而不采用三管制,弥补了前面提到的分流制耗费管材、增加管道竖井和管道层面积之不足,有较大的经济效益。

当用于 20 层及 20 层以下的高层住宅和旅馆时,为了减少排水立管底部正压的影响,可以在排水立管最下面的横支管与立管连接的三通或四通处放大一级管径,对于 DN100 的立管即可放大为 125 mm 或 150 mm。根据《规范》第 3.3.18 条,当排水立管仅设置伸顶通气管时,最低排水横支管与排水立管连接处距排水立管管底的垂直距离不得小于 3 m 或 6 m。3 m 或 6 m 以下的污水单独排出。

4 小 结

高层建筑排水立管长,排水量大,设计时排水立管应以水膜流为依据。对于高层住宅和高层旅馆,宜采用分流制排水系统。当这两类建筑为 20 层及 20 层以下时,粪便污水立管和生活废水立管的管径采用 100 mm,可以采用互补湿通气排水系统,可以减少一根通气立管。如果采用建筑排水硬聚氯乙烯塑料管,排水立管的排水量将增加 50%—80%。以上分析有待工程实践的检验。

(下转 102 页)

- 1) 作 7 阶自然数表, 如图 7。
- 2) 将图 7 旋转 $\frac{\pi}{4}$, 再将其置于 $(2 \times 7 - 1)$ 行, $(2 \times 7 - 1)$ 列的正方表格内, 如图 8。
- 3) 以中心格(含数字 25 的格)为中心, 作一个 7 行 7 列的正方形表格。
- 4) 将上面正方形表格外的数用 $a+i$ 移数法移到该正方表内对应的空格上, 则经移数后新的正方表为一个 7 阶幻方, 如图 9 所示。

参 考 文 献

- 1 周振黎, 康泰. 组合数学. 重庆大学出版社, 1960, 4
- 2 温世清, 王利达. 用宏观控制法及自我扩张法编制幻方. 重庆大学学报 1992 年第四期

(编辑: 姚国安)

※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※

(上接 90 页)

参 考 文 献

- 1 建筑给水排水设计规范. GBJ15-88. 北京: 中国计划出版社, 1989
- 2 National Plumbing Code Handbook. V. T. Manas, 1957
- 3 钱维生编著. 高层建筑给水排水工程. 上海: 同济大学出版社, 1989
- 4 建筑排水硬聚氯乙烯管道设计规程. CJJ29-89. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989

(编辑: 胡玲)

THE APPLICATION OF COMPLEMENTARY WET VENT IN DRAINAGE SYSTEM OF HIGHRISE BUILDINGS

Wei Fusen

(Faculty of Urban Construction)

ABSTRACT This paper presents the properties of drainage system and the form of drainage system and analyses the drainage system of highrise residential and hotel buildings. The results of research show that it is suitable to adopt separate system when highrise residential and hotel buildings are not more than twenty floors. It is feasible and economic to adopt the complementary wet vent drainage system rather than the three-pipe system when the diameter of vertical drain is 100 mm.

KEY WORDS highrise building, drainage system form, complementary wet vent