

室内给水排水管网水力计算的辗转相关法

费 仁 霖

(土木工程系)

摘 要

本文根据室内给水排水管网水力计算公式辗转相关的特性,归纳了现行规范的有关规定并绘制成四象限辗转相关图线,可迅速求出符合规范的管网,并在保证精度前提下提高设计效率。

关键词 给水,排水,辗转相关法

室内给水排水管网的水力计算,是室内给排水工程设计极重要的一环。给水管网主要根据各计算管段设计秒流量,确定各管段的直径和水头损失;排水管网主要根据排水管 的 负荷,确定排水管径和横管的坡降。计算工作量大而繁复,尤其给排水层数多、卫生器具多的建筑物更是如此。本文提出一种易为掌握的图解算法,代替通行的列表算法,可以提高设计效率。用本图解法对文[1]给出的设计实例进行验算,结果完全一致。

一、给水管网图解计算

1. 绘制原理

为了节约篇幅,各计算公式根据《室内给水排水和热水供应设计规范(TJ15—74)》直接列出,不作详细说明。

1) 计算公式:

(1) 设计秒流量的计算:

(i) 对于工业企业生活间、公共浴室、洗衣房、公共食堂、实验室、影剧院、体育场等建筑的生活给水为

$$q_g = \sum \frac{n_0 q_0 b}{100}, \quad (1)$$

式中, q_g 为计算段的给水流量; n_0 为同类型卫生器具数; q_0 为同类型的一个卫生器具给水定额流量 (l/s); b 为卫生器具同时给水百分数。

(ii) 对于住宅建筑

$$q_g = 0.2\alpha\sqrt{N_g} + KN_g, \quad (2)$$

本文1989年1月16日收到。

式中, q_g 同式(1); N_g 为计算管段卫生器具当量总数; α , K 为根据建筑物用途而定的系数。

(iii) 对于公共建筑

$$q_g = 0.2\alpha\sqrt{N_g}, \quad (3)$$

式中, q_g 、 N_g 同式(1), (2); α 为根据建筑物用途确定的系数。

(2) 管径计算:

$$q_g = WV,$$

式中, W 为过水断面面积, 对于圆管 $W = (\pi d^2/4)$ 代入上式得

$$q_g = \frac{\pi d^2}{4} V, \quad (4)$$

式中, V 为正常流速, 其控制范围: 卫生器具支管 0.6—1.2 m/s; 干管立管, 横管 1.0—1.8 m/s; 生产或生活给水管 ≤ 2.0 m/s; 消防给水管 ≤ 2.5 m/s。

(3) 水头损失计算:

$$H_w = h_g + h_j = iL + \sum \zeta (V^2/2g), \quad (5)$$

式中 h_g 为管道沿程水头损失; h_j 为局部水头损失的总和; H_w 为管道总水头损失; i 为管道单位长度水头损失, 对钢管、铸铁管: 当 $V < 1.2$ m/s 时, $i = 0.008944 \frac{V^2}{d^{1.3}} \left(1 + \frac{0.867}{V}\right)^{0.3}$

(kPa/m) 当 $V \geq 1.2$ m/s 时, $i = 0.01049 \frac{V^2}{d^{1.3}}$ (kPa/m)。

2) 公式分析:

式(2)中 q_g 是 α 、 K 、 N_g 的函数, 即 $q_g = f(\alpha, K, N_g)$, 同样式(3)中 $q_g = f(\alpha \cdot N_g)$, 但规范规定 α 仅为 12 个定值, K 仅为 4 个定值, 所以 q_g 仅为 N_g 的函数, 即

$$q_g = f(N_g), \quad (6)$$

将式(4)改写成

$$V = 4q_g/\pi d^2 = f(q_g, d), \quad (7)$$

且 i 均为

$$i = f(V, d), \quad (8)$$

式(6)——(8)表明它们是系列相关函数, 相应的函数曲线是辗转相关曲线。

3) N_g - q_g - V - i 辗转相关曲线绘制要点:

以 N_g 、 q_g 、 V 、 i 为变量以规格公称管径 D_g 、 α 、 K 为参变量, 可绘制出四象限 N_g 、 q_g 、 V 、 i 辗转相关曲线。在曲线中标出规范中所规定的限制条件, 即得出给水管网水力计算图线。对于居住建筑、公共建筑可根据 N_g 从曲线中查出符合规范要求的 q_g 、 D_g 和 i 。对于工业企业生活间等可根据式(1)求出 q_g 后查图线得出所需要的 D_g 和 i 。对于消防管网则根据消防流量查图线得出相应的 D_g 和 i (图1)。

2. 算例

设办公楼给水管网中某计算管段给水总当量 $N_g = 100$, 管段长 $L = 3.5$ m, 求定该管段的设计秒流量, 管径及水头损失。

利用图1。根据 $N_g = 100$, 在 N_g - q_g 象限中由曲线 III 上求出相应的 $q_g = 3.0$ l/s; 在 q_g - V 象限中根据 $q_g = 3$ l/s 及干管 $1.0 \leq V \leq 1.8$ m/s 的限制条件求定 $D_g = 50$ mm, 相应的 $V = 1.4$ m/s, 满足 $1.0 \leq V \leq 1.8$ m/s 的条件; 在 V - $1000i$ 象限中根据 $V = 1.4$ m/s, $D_g = 50$ mm 求出 $1000i$

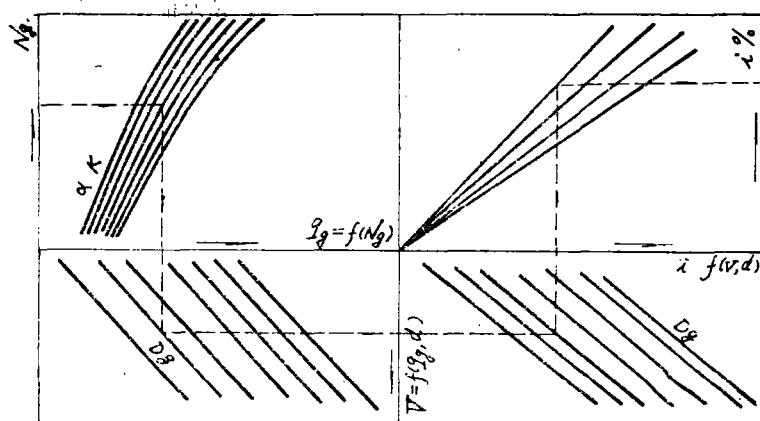


图 1

$= 103$, 在 $1000i$ 和 $1000i$ 象限中查出 $130\%(1000i) = 134$, 所以 $H_w = 134 \times 3.5/1000 = 0.469 \text{ m}$.

二、排水横管的图解计算

排水管网中的立管是以水膜阶段为设计状态, 求出立管的设计负荷和临界流量并经试验订正后, 制成表格供设计时查用。

排水横管的管径是在最大允许充满度条件下, 最小或标准坡度时, 根据允许负荷来确定的。

建筑物底层排水横管的坡度; 排水横管, 室外排水管的连接管上的卫生器具超过表格规定相当多时, 必须通过水力计算才能正确地确定横管管径、管道坡度。

绘制原理

1) 计算公式:

(1) 设计秒流量:

(i) 对于住宅建筑和公共建筑

$$q_u = 0.12\alpha\sqrt{N_u} + q_{\max}, \quad (9)$$

式中, q_u 为计算管段的污水流量 (l/s); α 为根据建筑物用途而定的系数。

(ii) 对于工业企业生活间、公共浴室、洗衣房、公共食堂、实验室、影剧院、体育场等建筑物的生活给水

$$q_u = \sum \frac{\zeta_p q_p b}{100}, \quad (10)$$

式中, q_u 为计算管段污水流量 (l/s); q_p 为同类型的一个卫生器具的排水流量 (l/s); n_p 为同类型卫生器具数; b 为卫生器具同时排水百分数, 当排水量小于一个大便器排水量时, 应按一个大便器计算。

(2) 管径计算:

$$\begin{aligned} q_u &= WV, \quad \alpha = h/d, \quad V = C\sqrt{hi}, \\ C &= (1/n)R^2, \quad W = (d^2/8)(\theta - \sin\theta), \quad R = (d/4)[1 - (\sin\theta/\theta)], \end{aligned}$$

$$y = 2.5\sqrt{n} - 0.13 + 0.75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0.10) \text{ 或 } y = 1/6,$$

式中, W 为管道的过流断面面积(m^2); V 为过水断面的流速(m/s); α 为管道中水流的充满度; i 为水力坡降, 采用排水管的坡度; C 为谢才系数; y 为指数; R 为水力半径(m); n 为管道的粗糙度, 对于铸铁管、钢筋混凝土管可取 0.013。

2) 公式分析:

式(9)中 q_{\max} 可能取值为 1.0, 1.5, 2.0, 2.5(l/s), 取 1.5(l/s) 为代表值可绘出 $q_u = f(N_u)$ 曲线, 而对其余的 q_{\max} , 可在曲线上加減 0.5 或 1.0 求得。

根据 $\alpha = h/d = \sin^2(\theta/4)$, $\theta = 4 \arcsin \sqrt{\sin^2(\theta/4)} = f_1(h/d)$, $R = (d/4)(1 - \sin \theta/\theta) = f_2(h/d)$, $W = (d^2/8)(\theta - \sin \theta) = f_3(h/d)$, $C = (1/n)R^y = f(n, h/d)$, 所以 $V = f(n, h/d, i)$ 。

对不同建筑物的允许充满度 h/d 规定了 5 个定值, 对于钢管、铸铁管、钢筋混凝土管常取 $n = 0.013$, 所以当 h/d , n 为定值时 V 仅为 i 的函数, 即

$$V = f(i) \quad (11)$$

3) N_u - q_u - V - i 相关曲线绘制要点:

以 N_u 、 q_u 、 V 、 i 为变量, 以 D_g 、 h/d 为参变量, 即可绘制出三象限 N_u 、 q_u 、 V 、 i 辗转相关曲线族。在曲线族中, 标明规范的限制条件便得出排水横管水力计算图(图 2)。对于工

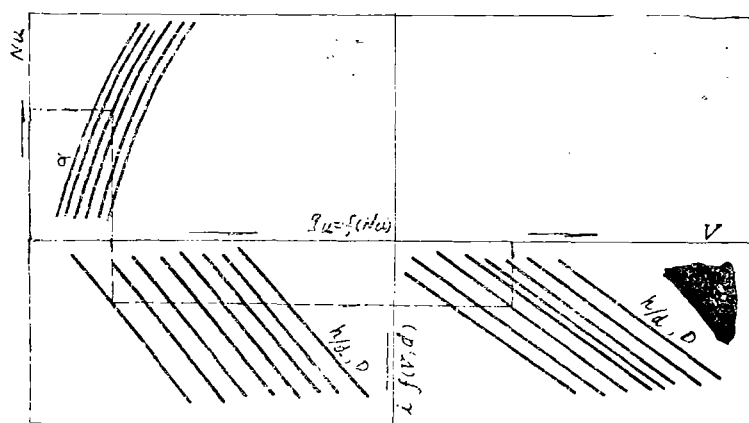


图 2

业企业生活间的计算可按公式(10)计算出 q_u , 再利用图 2 求出相应的 D_g 、 h/d 和 i 。

三、结 束 语

从以上分析可进一步推论, 在给排水工程管网的水力计算中, 凡所要求计算的各要素, 只要能确定它们之间是辗转相关函数, 就可绘制成辗转相关图线达到快速计算的目的。

参 考 文 献

- 〔1〕太原工业大学、哈尔滨建筑工程学院、湖南大学编,室内给水排水工程,中国建筑工业出版社,(1986),154-159.
- 〔2〕上海市城市建设委员会主编,室内给水排水和热水供应设计规范,中国建筑工业出版社,(1974).
- 〔3〕核工业部第二研究院主编,给水排水设计手册第二册,中国建筑工业出版社,(1986).

Rapid Graphic Calculation of the Pipe System for Water Supply and Sewage Disposal in a Building

Fei Renlin

Abstract

For the efficient design of an indoor-type water supply and sewage disposal pipe system, the author develops a set of inter-related four quadrantal nomographic charts. They are summed up from the norms currently in effect and based on the characteristics of inter-relatedness of calculating formulae. By use of these nomographic charts, the dimension of the pipe system conforming with norms can be rapidly determined with a satisfactory precision accuracy.

Key words Water supply, sewage, correlation method