

·标准规范交流园地·

《建筑给排水设计规范》居住小区住宅给水设计秒流量计算探讨

张亚峰 冯旭东

(华东建筑设计研究院有限公司,上海 200002)

摘要 以普 II 型住宅为计算模型,用设计秒流量概率算法及最大时平均秒流量算法对其进行流量计算,并对计算结果进行比较、分析,提出:利用两个公式计算结果的交点“A”作为判定点,判断对在计算居住小区室外给水管网时对公式的取舍;给出判定点 A 关于 U_0 及 N_G 的分布曲线;对研究结果的适应条件进行拓展,使其可以满足不同住宅类型及不同卫生器具设置条件的设计要求。

关键词 住宅 设计秒流量 最大时流量 平均出流量 当量总数 设计总人数

1 背景资料

《建筑给排水设计规范》(GB 50015—2003,以下简称 03 版“建规”)3.6.1 条规定了居住小区室外给水管道设计流量的计算,区分了不同情况下室外给水管道节点流量的不同计算方法。但规范条文对不同情况的覆盖存在空白点;而且,随着我国经济的发展,现阶段的住宅小区无论从规模还是形式上都与以往有很大的不同,规范条文的判定条件也略显滞后。

另,由于规范条文涉及面比较广泛,基础数据相对匮乏。本次研究仅限于居住小区的住宅部分。

1.1 规范解读

现行规范中,涉及居住小区室外给水管道设计流量计算的条文有:03 版“建规”3.6.1 条(后简称 3.6.1 条);《居住小区给排水设计规范》(CECS 57:94)3.5.2 条(后简称 3.5.2 条)。

可以看出,无论从计算方法及条文覆盖范围等方面来说,两者都存在差别,具体见表 1。

1.2 研究范围

从表 1 可以看出,3.6.1 条与 3.5.2 条中同时出现 3 000 人这一数据,关于 3 000 人这一数据的来历,我们可以从 03 版“建规”3.6.1 条条文说明中找到:“……小区规模达到 3 000 人时,其设计秒流量与最大时平均秒流量的差值不大……”,究竟这个差值是多大,文中没有说明。而正是 3 000 人及管网类型(环状、支状)这两个条件的交错限定,使得 3.6.1 条覆盖范围出现空白点。另,相比于 3.6.1 条,3.5.2 条对不同计算方法的选择判定条件略显凌乱,空白点更多,判定条件与 3.6.1 条差别较大。鉴于

表 1 3.6.1 条与 3.5.2 条条文解读

对比项	3.6.1 条	3.5.2 条
设计秒流量法	小区规模 3 000 人以下,枝状管网	3 000 人以内(居住组团)
最大时平均秒流量法	小区规模 3 000 人以上,环状管网	小区给水干管
平均时平均秒流量法	用水高峰与以上两条不重叠的小区配套公共建筑	无
覆盖范围	3 000 人以下,枝状管网;3 000 人以上,环状管网	3 000 人以内(居住组团)
覆盖空白点	3 000 人以上,支状管网;3 000 人以下,环状管网	3 000 人以上

注:*仅作列举,研究中暂不考虑此项。

3.5.2 条时间较早(1994 年),而目前 3.6.1 条应用较多,主要针对 3.6.1 条进行研究。

本次研究将以 03 版“建规”表 3.1.9 为依据,选择较为普遍的 II 型住宅为计算模型,分别用设计秒流量法及最大时平均秒流量法对其计算,并结合广大设计人员的设计经验对计算结果进行分析,验证 3 000 人这一点上二者计算结果的差值,寻找覆盖空白点的判定条件或更有依据的计算方法。

2 公式推导

为方便对比,本文先以纯居住小区为条件推导公式,并加入 88 版“建规”的设计秒流量计算方法作为对比参照。按照纯住宅小区规定,节点流量的计算分两种:①秒流量法(包括 88 版“建规”的设计秒流量计算方法和 03 版“建规”的设计秒流量概率法);②最大时法。

为便于讨论,对文中公式参数做统一说明:

q_g ——计算管段的给水设计秒流量, L/s;

α 、 k ——根据建筑物用途而定的系数;

N_g ——每户设置的卫生器具给水当量数;

U ——计算管段的卫生器具给水当量的同时出流概率, %;

α_c ——对应于不同 U_0 的系数;

U_0 ——生活给水管道的最大用水时卫生器具给水当量平均出流概率, %;

q_0 ——最高日的用水定额, L/(人·d);

m ——每户用水人数;

k_h ——小时变化系数;

T ——用水时数, h;

N_G ——计算节点的当量总数, $N_G = MN_g/m$;

M ——计算节点的设计总人数。

2.1 秒流量法推导

2.1.1 88版“建规”

根据 88版“建规”规定,住宅的生活用水设计秒流量计算公式为:

$$q_g = 0.2\alpha \sqrt{N_G} + kN_G = 0.2\alpha \sqrt{MN_g/m} + kMN_g/m \quad (1)$$

2.1.2 03版“建规”

根据 03版“建规”规定,住宅的生活用水设计秒流量计算公式为:

$$q_g = 0.2UN_G \quad (2)$$

其中 $U(\alpha_c, U_0)$ 与 α_c, U_0 有关,根据规范规定, α_c 是对应于不同 U_0 值的系数,可查表得到。为了方便计算,本文根据表中数据对 α_c, U_0 关系进行模拟,用方程表示出 α_c, U_0 的关系,模拟关系见图 1。

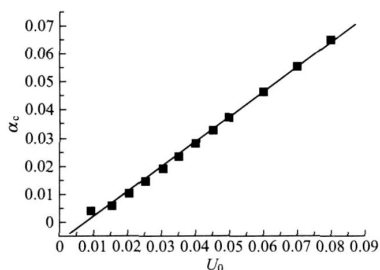


图 1 α_c, U_0 关系模拟

从图 1 中可以看出, α_c, U_0 关系基本满足直线关系,按照 $Y = A + BX$ 的模型进行模拟,得:

$$\alpha_c = 0.8854U_0 - 0.00674 \quad (3)$$

又因为:

$$U_0(q_0, m, k_h, N_g, T) = \frac{q_0 m k_h}{0.2N_g T \times 3600} (\%) \quad (4)$$

将式 (4) 代入式 (3) 得:

$$\alpha_c = 0.8854 \frac{q_0 m k_h}{0.2N_g T \times 3600} - 0.00674 \quad (5)$$

$$U = \frac{1 + \alpha_c (N_G - 1)^{0.49}}{N_G^{0.5}} = \frac{1 + \left(\frac{0.8854 q_0 m k_h}{0.2N_g T \times 3600} - 0.00674 \right) (N_G - 1)^{0.49}}{N_G^{0.5}} \quad (6)$$

将式 (6) 代入式 (2) 得:

$$q_g = 0.2UN_G = 0.2 \frac{1 + \left(\frac{0.8854 q_0 m k_h}{0.2N_g T \times 3600} - 0.00674 \right) (N_G - 1)^{0.49}}{N_G^{0.5}} N_G \quad (7)$$

又因为 $N_G = \frac{M}{m} N_g$, 故:

$$q_g = 0.2 \left(\frac{M}{m} N_g \right)^{0.5} \left[1 + \left(\frac{0.8854 q_0 m k_h}{0.2N_g T \times 3600} - 0.00674 \right) \left(\frac{M}{m} N_g - 1 \right)^{0.49} \right] \quad (8)$$

2.2 最大时法

根据 U_0 推导公式可看出最大时平均秒流量为:

$$q_g = \frac{q_0 M k_h}{T \times 3600} = 0.2U_0 \frac{M}{m} N_g \quad (9)$$

为了方便对比在式 (9) 中引入变量 N_g 。

3 结果分析

在进行结果分析之前,需要设定几条原则:

(1) N_G 或 M 趋向无穷大时 ($+\infty$),设计秒流量计算公式结果应该趋近于最大时平均秒流量计算公式结果,但不应小于其计算结果。

(2) N_G 或 M 在小范围内,设计秒流量概率法计算结果可信。

(3) N_G 或 M 在较大范围内,最大时平均秒流量计算结果可信。

3.1 参比基础与初始条件设定

根据式 (1)、(8)、(9) 可以看出,在 (α, k) 与 $(m, q_0,$

表 2 卫生器具设置标准、 (α, k) 与 (m, q_0, k_h, T) 参数的取值

房型	最高日用 水定额	小时变 化系数	用水 时数	用水 人数	洁具数量									当量 总数 N_g	平均出 流概率 $U_0 / \%$
	q_0 /L / (人 · d)	K_h	T/h	m /人	大便器 (0.50)	小便器 (0.50)	净身盆 (0.50)	淋浴器 (0.75)	浴盆 (1.20)	洗衣机 (1.00)	洗脸盆 (0.75)	厨房洗 涤盆 (1.00)	污水盆 (1.00)		
Ⅱ	300	2.3	24	3.5	2			1	1	1	2	1		6.45	2.17

k_h, T 等参数确定的情况下,目标函数 $q_g(N_g)$ 仅是当量 N_g 的函数。

在纯居住的前提下,选择普通住宅 II 作为参比基础,根据普通住宅 II 的初始条件确定 (α, k) 与 (m, q_0, k_h, T) 等参数,再以 N_g 为自变量, q_g 为因变量绘制图形,对式 (1)、(8)、(9) 的计算结果进行比较。

具体的初始条件如下:普通住宅 II 型,一厨两卫。卫生器具设置标准参数的取值见表 2。

根据 GB 50015—2003 附录 C,对 $U_0 \sim \alpha_c$ 关系拟合,得 $\alpha_c = 0.885 4U_0 - 0.006 74 (R = 0.996, P < 0.000 1)$,计算得 $\alpha_c = 0.012 444 62$ 。

GBJ 15—88 (1997 年版) 设计秒流量计算参数为 $\alpha = 1.1, k = 0.005$ 。

3.2 图形对比

根据上述设定的住宅模型及初始条件,分别用式 (1)、(8)、(9) 进行计算,将结果绘制成图 2。

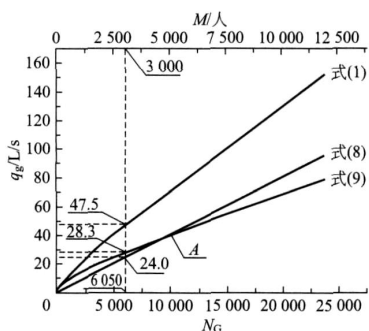


图 2 式 (1)、(8)、(9) 计算结果对比

图 2 根据 3 400 多组计算结果绘制而成,其中 X (下) 轴是计算节点的当量总数 $N_g [0, 23 600]$; X (上) 轴是计算节点设计总人数 $M [0, 11 886]$ 。

图 2 中虚线与曲线的交点即 M 为 3 000 人时对应的计算结果。以式 (9) 的计算结果 (24 L/s) 作为基数进行比较,式 (8) 结果与其偏差 17.9%,式 (1) 结果与其偏差 97.9%。从对比结果来看,式 (1) 的计算结果明显不符合最初设定原则;式 (8) 与式

(9) 计算结果的偏差也较大。为了更加全面了解 3 000 人时式 (8)、式 (9) 计算结果偏差值,根据 03 版“建规”表 3.1.9 对住宅的分类及其给出的 q_0, k_h 的取值范围设定 5 个类别 6 个档次进行对比,结果显示:偏差范围 13%~45%,大部分集中在 20%~35%,具体的计算结果可参照表 3。

另外,从图 2 中还可以看出,随着 $N_g (M)$ 的增加,式 (1) 线增幅最大, $N_g (M)$ 达到一定程度后,式 (1) 线几乎以固定的斜率上行;式 (8) 线的增幅随着 $N_g (M)$ 的增加,由快逐渐变慢,与式 (9) 线相交于 A [9 950 (5 008), 40.1] 点;式 (9) 线以固定的斜率上行。A 点过后式 (8) 线计算结果小于式 (9) 线计算结果。

根据前面设定的原则认为:在 $N_g (M)$ 达到一定程度后 [A 点 (9 950 (5 008), 40.1)], 设计秒流量概率法计算结果不再可信。即,在预先设定的初始条件下, $N_g (M)$ 在 A 点 (9 950 (5 008), 40.1) 之前,式 (8) 计算结果可信; $N_g (M)$ 在 A 点之后,式 (9) 计算流量可信。根据以上分析,式 (8) 与式 (9) 的交点 A 点作为计算节点流量时选择式 (8) 还是式 (9) 的分界点较 3 000 人更为准确。

3.3 A 点关于 $N_g \sim U_0$ 的分布

设计初期,住宅类型及卫生器具类型及数量确定后,可以得到卫生器具 N_g 及 U_0 ;在此 U_0 下,A 点所对应的卫生器具当量总数 (N_{G-A}) 可以作为选择式 (8) 或式 (9) 的判定条件:若 $N_g < N_{G-A}$ 则选择式 (8);若 $N_g > N_{G-A}$ 则选择式 (9);若 $N_g = N_{G-A}$ 则二者任选其一。

按照 3.2 节的方法,选择几种不同类型的住宅,并计算其在不同的初始条件下的 A 点,根据结果绘制图形,并对图形进行趋势拟合,结果见图 3。

图 3 中的曲线即为交点 A 关于 $N_g \sim U_0$ 的分布。位于曲线下区域,选择式 (8);位于曲线上区域,选择式 (9)。

表 3 3 000 人时式 (8)、式 (9) 计算结果偏差值

住宅类别	最大时平均秒流量 $q_h / L/s$	设计秒流量 $q_g / L/s$	流量差 ($q_h - q_g$) $/L/s$	差值所占百分比 $\%$
普 I ^①	8.85	12.51	-3.65	-29.21
	9.87	13.34	-3.48	-26.05
	10.79	14.11	-3.32	-23.50
	11.63	14.79	-3.17	-21.43
	12.37	15.41	-3.04	-19.73
	13.02	15.95	-2.93	-18.35
普 II ^② (一卫)	12.64	17.77	-5.13	-28.86
	15.38	20.00	-4.62	-23.12
	17.88	22.04	-4.16	-18.89
	20.14	23.89	-3.75	-15.69
	22.17	25.54	-3.37	-13.21
普 II ^③ (二卫 淋浴)	23.96	27.00	-3.04	-11.27
	12.64	17.92	-5.28	-29.48
	15.38	20.15	-4.78	-23.70
	17.88	22.19	-4.31	-19.45
	20.14	24.04	-3.90	-16.21
普 II ^④ (二卫 浴缸)	22.17	25.69	-3.52	-13.71
	23.96	27.15	-3.19	-11.75
	12.64	18.33	-5.69	-31.06
	15.38	20.55	-5.18	-25.20
	17.88	22.58	-4.71	-20.85
普 II ^⑤ (二卫 浴缸)	20.14	24.42	-4.28	-17.53
	22.17	26.07	-3.90	-14.96
	23.96	27.52	-3.56	-12.94
普 III ^⑥ (二卫)	15.63	20.76	-5.13	-24.72
	17.33	22.14	-4.81	-21.72
	18.85	23.37	-4.53	-19.36
	20.17	24.44	-4.28	-17.50
	21.29	25.36	-4.06	-16.03
别墅 ^⑥	22.22	26.11	-3.89	-14.89
	15.97	20.99	-5.02	-23.92
	17.57	22.29	-4.72	-21.16
	18.96	23.41	-4.45	-19.02
	20.14	24.37	-4.23	-17.35
	21.11	25.15	-4.04	-16.07
	21.88	25.77	-3.90	-15.12

注:计算管段总当量 MN_g/m , ①为 1 071.43, ②为 3 428.57, ③为 3 814.29, ④、⑤为 5 957.14, ⑥为 7 671.43。

4 条件的拓展

以上结果是在特定条件下 (普通住宅 II 型, 一厨两卫) 计算得出的, 而实际情况往往是复杂的, 同

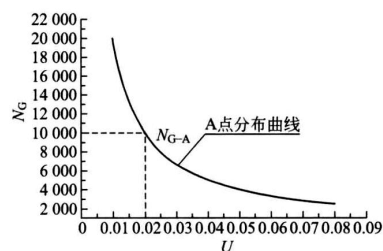


图 3 式 (8) 和式 (9) 的交点 A 所对应的 $N_g \sim U_0$ 关系

一住宅小区会有不同类型的住宅, 同一种类型的住宅也会出现不同类型的卫生洁具配置条件, 为了使结果具有普遍性、通用性, 需将原先设定的单一的参数进行修正, 引入通用型的设计参数。

根据以往的设计经验及规范中对类似情况的处理方法, 提出引入加权平均值法。具体证明如下:

设每户用水人数为 (m_i), 每户卫生器具给水当量数 (N_{gi}), 其余参数同上。

$$N_g = \sum_{i=1}^n n_i N_{gi} \quad (10)$$

当量加权平均值 (N_g):

$$\overline{N_g} = \frac{N_g}{\sum_{i=1}^n n_i} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i N_{gi}}{\sum_{i=1}^n n_i} \quad (11)$$

设计总人数 (M):

$$M = \sum_{i=1}^n n_i m_i \quad (12)$$

人数加权平均值 ($\overline{m}$):

$$\overline{m} = \frac{M}{\sum_{i=1}^n n_i} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i m_i}{\sum_{i=1}^n n_i} \quad (13)$$

用式 (11) 式 (13), 得:

$$\frac{\overline{N_g}}{\overline{m}} = \frac{N_g / \sum_{i=1}^n n_i}{M / \sum_{i=1}^n n_i} = \frac{N_g}{M} \quad (14)$$

$$N_g = \frac{M}{\overline{m}} \overline{N_g} \quad (15)$$

另, 03 版“建规”在对平均出流率 (U_0) 的计算中, 用到每户用水人数与每户用水器具当量 (m 、 N_g), 对于这个两个参数是否可以用加权平均值替代, 可以从 U_0 的定义来验证。 U_0 是随机事件 (水龙

头开启)所发生的概率,其样本空间应该是同一随机事件,这在 03 版“建规”条文说明(第 151 页)中也有相关说明。每户用水人数与每户用水器具当量的加权平均值($\overline{m}$ 、 N_g)正是将原本有区别的事件调整成同一的事件,基于上述原因,认为引入加权平均参数计算 U_0 是可行的。

因此,将式(15)代入式(8)中,得:

$$q_g = 0.2 \left[\frac{M}{m} N_g \right]^{0.5} \left[1 + \left(\frac{0.8854}{0.2 N_g T \times 3600} \frac{q_0 \overline{m} k_h}{0.00674} \left[\frac{M}{m} N_g - 1 \right]^{0.49} \right) \right] \quad (16)$$

将式(15)代入到式(9)中,得:

$$q_g = \frac{q_0 M k_h}{3600 T} = 0.2 U_0 \left(\frac{M}{m} N_g \right) \quad (17)$$

根据式(16)、式(17)可以看出,对于同一住宅小区不同类型的住宅,不同类型的卫生洁具配置,可以将 $\overline{m}$ 、 N_g 引入计算公式,进行设计计算。

5 设计总人数(M)引入

图 3 中交点 A 的分布曲线是关于 N_G 及 U_0 的分布曲线。虽然 N_G 及 U_0 也可以通过计算得到,但不够直观。众所周知,在设计过程中, M 是比较容易得到的,也是比较直观的一个数据,如果将交点 A 的分布与 M 关联,将会使得判定条件更直观、更容易操作。为了达到上述目的,拟引入 M ,将式(16)和式(17)的交点 A 与 M 关联。

N_G 与 M 的关系:

$$N_G = \frac{M}{m} N_g \quad (18)$$

将其引入式(2):

$$q_g = 0.2 U N_G = 0.2 \left[\frac{M}{m} N_g \right]^{0.5} \left[1 + \alpha_c \left(\frac{M}{m} N_g - 1 \right)^{0.49} \right] \quad (19)$$

交点 A 即式(9)与式(19)等值,根据等式求解 M :

$$M = 17280 \frac{0.2 \left[\frac{M}{m} N_g \right]^{0.5} \left[1 + \alpha_c \left(\frac{M}{m} N_g - 1 \right)^{0.49} \right]}{q_0 k_h} \quad (20)$$

由式(20)可以看出,在 $\overline{m}$ 、 N_g 确定后,交点 A 所对应的设计总人数(M)仅与 q_0 和 k_h 的乘积有关。根据 03 版“建规”中表 3.1.9 对住宅类别和卫生器具设置的标准,可以确定 $\overline{m}$ 、 N_g ; 设定不同 q_0 与 k_h ,

采用迭代法求出交点 A 处的 M ,具体情况见表 4。

表 4 中的数据可以作为判定式(19)、(20)取舍的条件。例如: N_g 为 5, $q_0 k_h$ 为 550,可以从表 4 中找到 A 点的 M 等于 6400,如果此时计算节点的 $M < 6400$,则选用式(19),反之选用式(20)。若遇到表 4 中未有的数据,可采用内插法进行计算。

表 4 设计总人数(M)和用水定额与时变化系数的乘积($q_0 k_h$)的关系

N_g	3	4	5	6	7	8	9	10
$q_0 k_h$								
350	10 200	9 600	8 900	8 200	7 600			
400	9 100	8 700	8 100	7 600	7 100	6 650		
450	8 200	7 900	7 500	7 100	6 650	6 250	5 900	
500	7 400	7 200	6 900	6 600	6 250	5 900	5 600	5 350
550	6 700	6 700	6 400	6 200	5 900	5 600	5 350	5 100
600	6 100	6 100	6 000	5 800	5 550	5 300	5 050	4 850
650	5 600	5 700	5 600	5 400	5 250	5 000	4 800	4 650
700	5 200	5 300	5 200	5 100	4 950	4 800	4 600	4 450

6 总结

综上所述,根据预先设定的原则,在计算居住小区室外给水管网节点流量时,式(1)的计算结果与式(19)、(20)偏差较大,不符合根据预先设定的原则。采用式(19)、(20)的交点 A 所对应的 M 作为判定条件,对式(19)、(20)进行取舍,取代原条文中 3000 人、支、环状管网的判定条件,解决了原条文覆盖范围存在空白点的问题,且根据 A 点所对应的 M 值选择公式,其计算结果的准确性要比原条文高。

参考文献

- 张森.《建筑给排水设计规范》(GB 50015—2003)局部修订主要内容介绍.给水排水,2008,34(10):1~5
- 仇让凯,陈桂德.对《建筑给排水设计规范》3.6.4 条的解读.给水排水,2006,32(8):108~109
- 吴杰生.居住小区给水管网设计流量计算探讨.山西建筑,2003,29(7):129~130
- 唐朝春,罗跃年,冯巍.住宅小区生活给水设计秒流量计算探讨.南方冶金学院学报,2003,24(5):73~76

※通讯处:200002 上海市黄浦区江西中路 246 号 9 楼华东建筑设计研究院机电一所

电话:(021)63217420~6935

E-mail:zyf0403@ecadi.com

收稿日期:2009-06-09