

雨水管渠设计参数折减系数 m 的理论研究

周玉文¹, 翁窈瑶¹, 汪明明²

(1. 北京工业大学 建筑工程学院, 北京 100124; 2. 安徽工业大学 建筑工程学院, 安徽 马鞍山 243002)

摘 要: 针对中国室外排水设计规范沿用原苏联采用了折减系数 m 修正汇水时间设计雨水管渠的方法, 详细分析了采用 m 后, 不同的城市暴雨强度公式地方参数 b 和 n 、地面汇水时间 t_1 、管内汇水时间 t_2 对计算设计流量 Q_m/Q_0 的影响. 研究发现 Q_m/Q_0 是 b 的增函数, 是 n 的减函数, 是 t_1 的增函数, 是 t_2 的减函数. 由于采用了 m 严重影响到城市暴雨强度公式的适用范围, 根据不同的 t_1, t_2 的适用范围缩小到 57.5 ~ 52.5 min. 根据北京市城市暴雨强度公式分析发现, 采用 m 后可以使设计流量缩小 40% ~ 50%.

关键词: 城市; 雨水排水系统; 折减系数

中图分类号: TU 992

文献标志码: A

文章编号: 0254-0037(2011)09-1330-08

基于推理公式法的传统城市雨水管渠系统设计理论, 假设流域汇水时间等于降雨历时时流域产生最大洪峰流量, 所以流域汇水时间在城市雨水管渠系统设计中具有重要作用. 中国室外排水设计规范沿用原苏联雨水管渠设计方法, 采用了折减系数 m 修正汇水时间, 以便修正设计流量, 达到减小管渠系统基建投资的目的. 而欧美等其他国家没有考虑折减系数, 这样, 在相同设计标准、采用同样设计方法的条件下, 我国设计计算方法的计算结果偏小, 虽然有节省投资的优点, 但是扩大了造成城市内涝积水灾害的风险.

1 关于折减系数 m 的基础理论

折减系数 m 是苏林系数 m_1 与沟道空隙容量利用系数 m_2 两者的乘积, 即 $m = m_1 m_2$. 苏林系数 m_1 为考虑流速变化因素引入的系数, 苏林教授建议 $m_1 = 1.2$.

原苏联列宁格勒公用事业研究院理论是以原苏联所用的暴雨公式 $i = A/t^n$ 型为基础(式中, i 为暴雨强度; A 为雨力; t 为时间; n 为地方统计参数), 从降雨强度先大后小的雨型出发, 求出 τ 时刻上游管道空隙容积 W_1 , 再用调蓄理论计算 τ 时刻因管道流量由 Q_r 减小到 Q_p 而需要调蓄的管道中的流量 W_2 , 建立 $W_1 = W_2$, 推出空隙容量的利用系数. 在推理过程中考虑了降雨强度先小后大的雨型因素, W_1 表示 τ 时刻管径未折减时的最大管道空隙容积.

原苏联列宁格勒公用事业研究院分析了 700 多场暴雨, 提出降雨主峰位置 r 值多数在降雨总历时前 1/3 段内, 因此, 在计算城市雨水管渠空隙量时, 采用了先大后小雨型($r=0$), 然后将空隙缩减 1/2 作为出现不利雨型条件的安全保证.

1.1 推求管渠中出现最大空隙量时流量缩减系数 β 值

在先大后小雨型($r=0$)情况下, 以原苏联国内所用的暴雨公式 $i = A/t^n$ 型为基础, 设计断面 τ 处发生最大流量时, 上游 x 断面最大流量 Q_x 下降为 Q_{x_1} . 因此, 在汇水时段 τ , 沟道中全部水量

$$V_1 = \int_{t_1}^{\tau} Q_{x_1} dt \quad (1)$$

收稿日期: 2010-08-25.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50678009); 国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2006BAJ16B04); 欧盟第七框架国际合作课题 CORFU 资助项目.

作者简介: 周玉文(1952—), 男, 辽宁兴城人, 博士, 教授.

当沟道全部满流时,其总水量

$$V_2 = \int_{t_1}^{\tau} Q_x dt \quad (2)$$

考虑利用空隙容量 $W_1 = V_2 - V_1$,将管道尺寸缩小到只能通过流量 Q_p ,设计断面 τ 处发生最大流量时, W_2 为最大可调蓄流量,且

$$W_2 = \int_{t_p}^{\tau} Q_x dt - Q_p(\tau - t_p) \quad (3)$$

根据调蓄理论,有 $W_1 = W_2$,则

$$\int_{t_1}^{\tau} Q_x dt - \int_{t_1}^{\tau} Q_{x_1} dt = \int_{t_p}^{\tau} Q_x dt - Q_p(\tau - t_p) \quad (4)$$

瞬时降雨强度

$$I = \frac{d}{dt} \left(\frac{A}{t^n} \cdot t \right) = (1-n) \frac{A}{t^n} \quad (5)$$

因为

$$Q_t = f\psi \frac{A}{t^{n-1}} \quad (6)$$

$$Q_{\tau} = f\psi \frac{A}{\tau^{n-1}} \quad (7)$$

式中, f 为径流面积增长率, f 随历时均匀增长,且 $f = \frac{F}{\tau}$, F 为汇水面积; τ 为汇水时间; ψ 为径流系数; Q_t 为 t 时刻流量; Q_{τ} 为 τ 时刻流量. 所以

$$Q_t = Q_{\tau} \left(\frac{\tau}{t} \right)^{n-1} \quad (8)$$

因此,在 τ 断面发生最大流量时, x 断面流量 Q_{x_1} 为

$$\begin{aligned} Q_{x_1} &= \int_{\tau-t_x}^{\tau} I\psi \frac{F}{\tau} dt = \psi f \int_{\tau-t_x}^{\tau} (1-n) \frac{A}{t^n} dt = \psi f \frac{A}{\tau^{n-1}} - \psi f \frac{A}{(\tau-t_x)^{n-1}} = \\ &\psi f \frac{A}{\tau^{n-1}} \left[1 - \left(\frac{\tau}{\tau-t_x} \right)^{n-1} \right] = Q_{\tau} \left[1 - \left(\frac{\tau}{\tau-t_x} \right)^{n-1} \right] \end{aligned} \quad (9)$$

则

$$V_1 = \int_{t_1}^{\tau} Q_{x_1} dt = \int_{t_1}^{\tau} Q_{\tau} \left[1 - \left(\frac{\tau}{\tau-t_x} \right)^{n-1} \right] dt = Q_{\tau} \left[(\tau - t_1) - \tau^{n-1} \frac{(\tau - t_1)^{2-n}}{2-n} \right] \quad (10)$$

沟道全部满流时,其总水量

$$V_2 = \int_{t_1}^{\tau} Q_x dt = \int_{t_1}^{\tau} \psi f \frac{A}{t^{n-1}} dt = \frac{fA\psi}{2-n} \left(\frac{1}{\tau^{n-2}} - \frac{1}{t_1^{n-2}} \right) = Q_{\tau} \tau^{n-1} \frac{\tau^{2-n} - t_1^{2-n}}{2-n} \quad (11)$$

管道缩减后调蓄水量

$$\begin{aligned} W_2 &= \int_{t_p}^{\tau} Q_x dt - Q_p(\tau - t_p) = \int_{t_p}^{\tau} \psi f \frac{A}{t^{n-1}} dt - Q_p(\tau - t_p) = \\ &Q_{\tau} \tau^{n-1} \frac{\tau^{2-n} - t_p^{2-n}}{2-n} - Q_p(\tau - t_p) \end{aligned} \quad (12)$$

若使空隙量 $W_1 = V_2 - V_1$ 等于调蓄量 W_2 ,则有

$$\begin{aligned} Q_{\tau} \tau^{n-1} \frac{\tau^{2-n} - t_1^{2-n}}{2-n} - Q_{\tau} \left[(\tau - t_1) - \tau^{n-1} \frac{(\tau - t_1)^{2-n}}{2-n} \right] = \\ Q_{\tau} \tau^{n-1} \frac{\tau^{2-n} - t_p^{2-n}}{2-n} - Q_p(\tau - t_p) \end{aligned} \quad (13)$$

由于流量缩减系数 $\beta = \frac{Q_p}{Q_{\tau}} = \left(\frac{\tau}{t_p} \right)^{n-1}$, 设 $\alpha = \frac{t_1}{\tau}$, 因此式(13)变为

$$\frac{1-\alpha^{2-n}}{2-n} - \left[(1-\alpha) - \frac{(1-\alpha)^{2-n}}{2-n} \right] = \frac{1-\beta^{\frac{2-n}{1-n}}}{2-n} - \beta(1-\beta^{\frac{1}{1-n}}) \quad (14)$$

式(14)是关于 α 、 β 的关系式,可采用试算法求 β . 所求 β 值未考虑上游管段被缩减对空隙容量的影响. 在采用先大后小雨型($r=0$)的条件下,空隙大小与降雨历时 t 和参数 n 有关.

1.2 推求 m_2 和 m

原苏联列宁格勒公用事业研究院采用

$$\beta_p = \frac{\beta + 1}{2} \quad (15)$$

由于

$$Q_p = \beta_p Q = \beta_p \cdot \frac{A\psi F}{(t_1 + 1.2t_2)^n} = \frac{A\psi F}{(t_1 + 1.2m_2t_2)^n} \quad (16)$$

因此

$$m_2 = \frac{(t_1 + 1.2t_2)\beta_p^{-\frac{1}{n}} - t_1}{1.2t_2} \quad (17)$$

如果令

$$\alpha_m = \frac{t_1}{t_1 + 1.2t_2} \quad (18)$$

则

$$m_2 = \frac{\beta_p^{-\frac{1}{n}} - \alpha_m}{1 - \alpha_m} \quad (19)$$

如前所述,折减系数 m 是苏林系数 m_1 与沟道空隙容量利用系数 m_2 两者的乘积,即

$$m = m_1 m_2 \quad (20)$$

若已知 t_1 、 n 和集流时间 τ ,则由式(14)算出 β ,由式(15)算出 β_p ,由式(18)算出 α_m ,由式(19)即可求出 m_2 ,由式(20)(苏林系数 $m_1 = 1.2$)求出 m .

2 中国设计方法的特点及与国外设计方法的差别

中国的城市暴雨强度公式形式与以上推求公式的条件不同,在暴雨强度公式的地方参数中, $b > 0$,国内的专家学者对此进行了深入的研究,其研究成果被室外排水设计规范所采用,规范建议:一般情况下,暗管 $m=2$,明渠 $m=1.2$;在陡坡地区,暗管 $m=1.2 \sim 2$.

1974年,原苏联排水规范对 m 值作了重新规定:当 $n=0.50$ 时, $m=2.8$;当 $n=0.51 \sim 0.60$ 时, $m=2.5$;当 $n=0.61 \sim 0.70$ 时, $m=2.2$;当 $n > 0.70$ 时, $m=2.0$.

在欧洲、美国和日本, m 值取1,实际上是未考虑利用空隙容量. 目前他们都采用的基于非恒定流水力计算方法的计算机模型设计方法.

3 折减系数 m 对设计流量的影响

3.1 公式推导

中国室外排水设计规范推荐的暴雨强度公式为

$$q = \frac{A_1(1 + c \lg p)}{(t + b)^n} \quad (21)$$

式中, A_1 、 c 、 b 、 n 分别为暴雨强度公式地方统计参数; p 为设计重现期(a); t 为汇水时间(min), $t = t_1 + mt_2$,

t_1 为地面汇水时间 (min), $t_2 = \sum L/v$, 为管内汇水时间 (L 为设计管段长度 (m), v 为管道内水流速度 (m/s)); m 为折减系数.

设计流量根据推理公式法计算, 设采用折减系数 m 的流域设计流量为 Q_m , 不采用折减系数 m 的流域设计流量为 Q_0 , 则

$$\frac{Q_m}{Q_0} = \frac{\psi F \frac{A_1 (1 + c \lg p)}{(t_1 + mt_2 + b)^n}}{\psi F \frac{A_1 (1 + c \lg p)}{(t_1 + t_2 + b)^n}} \tag{22}$$

当流域汇水面积和流域特性相同, 并且设计重现期相同时, 则

$$\frac{Q_m}{Q_0} = \frac{(t_1 + t_2 + b)^n}{(t_1 + mt_2 + b)^n} \tag{23}$$

或

$$\frac{Q_m}{Q_0} = \left(\frac{t_1 + t_2 + b}{t_1 + mt_2 + b} \right)^n = f^n \tag{24}$$

3.2 折减系数 m 对暴雨强度公式使用范围的影响

由于采用 $t = t_1 + mt_2$ 计算流域汇水时间, 根据推理公式法的假设和推求城市暴雨强度公式的基本方法, $t = t_1 + mt_2$ 应小于或等于推求城市暴雨强度公式采样的最长时间, 如果超过了采样的最大时间范围, 作为经验公式的城市暴雨强度公式则会超出适用范围.

根据中国室外排水设计规范推荐的地面汇水时间取 $t_1 = 5 \sim 15$ min, 正常情况管道取折减系数 $m = 2$, 则 t_2 的适用范围缩小到 57.5 ~ 52.5 min. 这与推求城市暴雨强度公式考虑适应流域范围为汇水时间 120 min 的条件相违背, 缩小了城市暴雨强度公式的使用范围. 如果按照 120 min 控制设计汇水时间, 必然造成很多汇流时间比较长的城市超出了暴雨强度公式的使用范围, 错误地应用了暴雨强度公式.

3.3 暴雨强度公式参数 b 和 n 的影响

暴雨强度公式参数 b 的数值越大, 折减系数 m 值的影响就越小, Q_m/Q_0 就越接近于 1. 汇水时间较小时 b 的影响大, 反之影响变小.

在 $t_1 = 5$ min, $t_2 = 5$ min, $n = 0.7$, $m = 2$ 的条件下, b 对 Q_m/Q_0 的影响如图 1 所示.

由图 1 可见, Q_m/Q_0 是 b 的增函数. 不同的 t_1 和 t_2 条件下, 其规律类似, 只是汇水时间越长, b 的影响越小.

中国绝大多数城市的暴雨强度公式中, 参数 $n \leq 1$, 并且 $Q_m/Q_0 \leq 1$, 在相同汇水时间条件下, Q_m/Q_0 是 n 的减函数. f 值越小, n 对 Q_m/Q_0 的影响越大, 如表 1 所示.

在相同 n 的条件下, Q_m/Q_0 是 t_2 的减函数.

3.4 地面汇水时间 t_1 的影响

地面汇水时间 t_1 的影响与参数 b 的影响类似. 在 $b = 15$ min, $n = 0.7$, $m = 2$, $t_2 = 5$ min 条件下, 地面汇水时间 t_1 对 Q_m/Q_0 的影响如图 2 所示.

Q_m/Q_0 是地面汇水时间 t_1 的增函数, t_1 越大, m 值产生的影响就越小, 该影响随 t_2 的增大而减小.

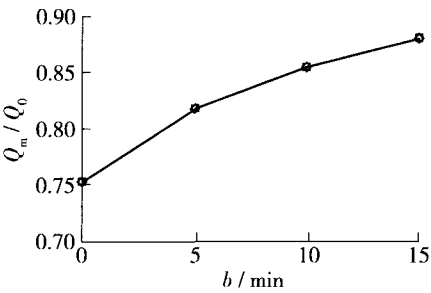


图 1 b 对 Q_m/Q_0 的影响

Fig. 1 Effect of b on Q_m/Q_0

表 1 不同 f 值条件下 n 对 Q_m/Q_0 的影响
Table 1 Effect of n on Q_m/Q_0 under different values of f

n	f						
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.3	0.696 845	0.759 658	0.812 252	0.857 917	0.898 523	0.935 248	0.968 886
0.4	0.617 801	0.693 145	0.757 858	0.815 193	0.867 040	0.914 610	0.958 732
0.5	0.547 723	0.632 456	0.707 107	0.774 597	0.836 660	0.894 427	0.948 683
0.6	0.485 593	0.577 080	0.659 754	0.736 022	0.807 344	0.874 690	0.938 740
0.7	0.430 512	0.526 553	0.615 572	0.699 368	0.779 056	0.855 388	0.928 902
0.8	0.381 678	0.480 450	0.574 349	0.664 540	0.751 759	0.836 512	0.919 166
0.9	0.338 383	0.438 383	0.535 887	0.631 446	0.725 418	0.818 052	0.909 533
1.0	0.300 000	0.400 000	0.500 000	0.600 000	0.700 000	0.800 000	0.900 000
1.1	0.265 970	0.364 977	0.466 516	0.570 120	0.675 473	0.782 346	0.890 567
1.2	0.235 801	0.333 021	0.435 275	0.541 728	0.651 805	0.765 082	0.881 234

3.5 管内汇水时间 t_2 的影响

Q_m/Q_0 是管内汇水时间 t_2 的减函数. 在 $b = 10\text{ min}$ 、 $n = 0.7$ 、 $m = 2$ 、 $t_1 = 10\text{ min}$ 条件下, t_2 对 Q_m/Q_0 的影响如图 3 所示.

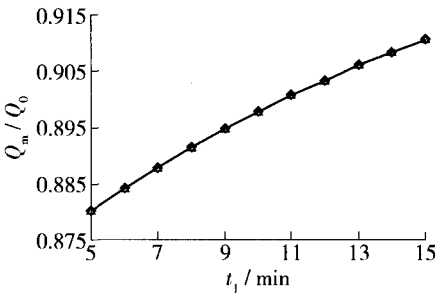


图 2 t_1 对 Q_m/Q_0 的影响
Fig.2 Effect of t_1 on Q_m/Q_0

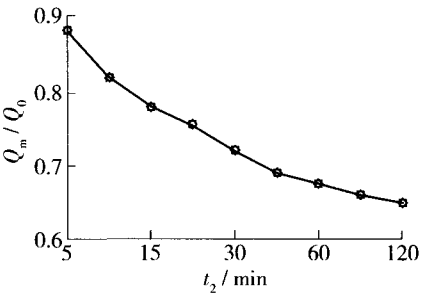


图 3 t_2 对 Q_m/Q_0 的影响
Fig.3 Effect of t_2 on Q_m/Q_0

3.6 实例分析

根据北京市 1980 年版城市暴雨强度公式, 公式地方参数如下: $A_1 = 2\ 001$ 、 $c = 0.811$ 、 $b = 8\text{ min}$ 、 $n = 0.711$ 、 $t_1 = 10\text{ min}$ 、 $m = 2$, 则管内汇水时间 t_2 对北京市雨水设计流量的影响如图 4 所示.

以现行采用 m 值的计算设计流量为基础, 在其他条件均相同的条件下, 与未采用 m 值的计算雨水相比较, 则设计流量减少的情况如图 5 所示.

纵坐标为 $(Q_0 - Q_m)/Q_m$, 横坐标为 t_2 . 从图 5 可以看出, 采用折减系数 m 后, 削减的设计流量的变化规律, 其数值变化在 20% ~ 50%, 随 t_2 增大而变大, 其影响还是很大的, 对设计的安全造成的影响不容忽视.

根据《排水工程》(上册)和《给水排水设计手册》(第 5 册)选出了分布于全国部分城市的暴雨强度公式资料, 采用 t_1 在 5 ~ 15 min 范围内取 1 min 步长, t_2 取 5、10、15、20、30、45、60、90、120 min, 分别计算每个城市的 $(Q_0 - Q_m)/Q_m$, 各个城市计算的雨水设计流量减少百分比最小值变化在 7.86% ~ 16.50% 之间, 最大值变化在 89.04% ~ 27.54% 之间, 全部城市所有计算值的平均值为 39.23%.

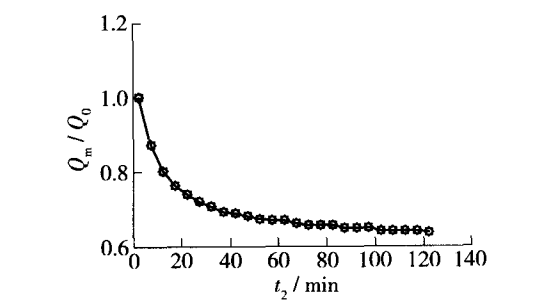


图 4 t_2 对北京市雨水设计流量的影响

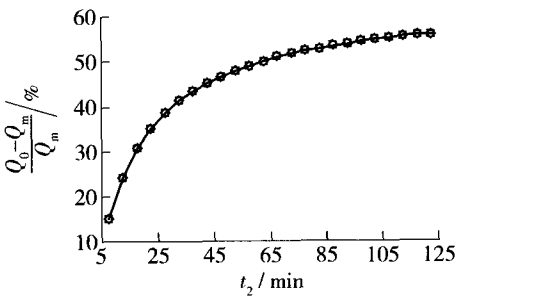


图 5 t_2 对北京市雨水设计流量减少百分比的影响

Fig. 4 Effect of t_2 on stormwater design flow in Beijing

Fig. 5 Effect of t_2 on declined percentage of stormwater design flow in Beijing

表 2 中国部分城市计算结果
Table 2 Results of some cities in China

序号	城市名称	b	n	$(Q_0 - Q_m)/Q_m$		
				最大值	最小值	平均值
1	北京	8	0.711	57.964 75	12.391 65	38.011 78
2	天津	17	0.850	68.310 42	11.375 70	40.077 68
3	石家庄	7	0.729	60.222 17	13.185 33	39.887 10
4	太原	4.6	0.620	50.133 13	12.155 63	34.745 33
5	大同	6.9	0.870	75.572 11	15.988 09	49.192 97
6	包头	5.4	0.850	74.121 83	16.502 14	49.374 26
7	海拉尔	10	0.990	87.691 39	16.486 96	54.012 06
8	哈尔滨	10	0.880	75.009 51	14.528 40	46.943 31
9	齐齐哈尔	6.4	0.860	74.711 75	16.086 07	49.022 54
10	大庆	8.3	0.770	63.938 09	13.346 08	41.449 04
11	黑河	5.65	0.824	71.063 61	15.805 91	47.329 89
12	长春	5	0.760	64.375 64	14.862 36	43.618 02
13	吉林	7	0.831	71.146 06	15.163 89	46.493 23
14	沈阳	9	0.770	63.625 61	13.029 63	40.906 62
15	丹东	7	0.605	27.535 80	10.825 75	32.219 60
16	大连	8	0.800	67.268 86	14.047 23	43.589 95
17	锦州	10	0.790	65.273 44	12.950 45	41.375 11
18	枣庄	22.378	1.069	89.035 26	12.662 24	48.300 59
19	南京	13.3	0.800	64.832 10	11.841 67	39.645 86
20	徐州	9	0.640	50.572 79	10.716 36	33.091 79
21	扬州	40.3	0.950	67.949 02	7.861 406	34.032 38
22	合肥	14	0.840	68.670 59	12.215 28	41.461 35
23	蚌埠	12	0.774	62.729 59	11.892 78	39.010 09
24	杭州	25	1.038	84.065 70	11.556 86	45.012 15
25	宁波	13.265	0.778	62.597 13	11.509 90	38.416 91
26	福州	1.774	0.567	45.886 68	12.435 24	33.364 94
27	长沙	17	0.860	69.344 51	11.516 96	40.620 85
28	广州	11	0.668	52.580 95	10.504 63	33.539 26

续表 2

序号	城市名称	<i>b</i>	<i>n</i>	$(Q_0 - Q_m)/Q_m$		
				最大值	最小值	平均值
29	佛山	9	0.660	52.510 97	11.069 14	34.268 25
30	海口	9	0.650	51.538 78	10.892 61	33.678 86
31	南宁	18.88	0.851	67.555 44	10.843 91	39.016 77
32	桂林	13.5	0.841	69.012 98	12.411 25	41.863 69
33	北海	4	0.570	45.478 06	11.390 06	31.971 42
34	西安	14.72	0.704	54.721 18	9.934 596	33.491 39
35	延安	8.22	0.700	30.325 85	12.095 93	37.181 97
36	兰州	8	0.800	67.268 86	14.047 23	43.589 95
37	西宁	0	0.580	47.743 55	13.817 18	35.723 63
38	乌鲁木齐	7.8	0.630	50.015 03	10.981 94	33.228 45
39	贵阳	5.168	0.601	48.088 13	11.505 78	33.146 55
40	昆明	10.247	0.649	51.013 45	10.438 24	32.885 53

4 结 束 语

本文简单介绍了列宁格勒公用事业研究院推求折减系数 *m* 中沟道空隙容量利用系数 *m*₂ 的推导过程,详细分析了采用折减系数 *m* 后不同城市暴雨强度公式地方参数 *b*、*n* 和 *t*₁、*t*₂ 对计算设计流量 *Q*_m/*Q*₀ 的影响.

由于采用折减系数 *m* 严重地影响到城市暴雨强度公式的适用范围,因此根据不同的设计地面汇水时间 *t*₁,设计管内汇水时间 *t*₂ 的适用范围缩小到 57.5 ~ 52.5 min.

根据北京市城市暴雨强度公式,采用折减系数 *m* 后可以使设计流量缩小 20% ~ 50%,全国 60 个城市的资料显示,采用折减系数 *m* 后可以使设计流量缩小 7.8% ~ 89%. 由于采用流量折减系数 *m*,已经实质上降低了城市雨水系统的设计标准,人为增加了城市内涝的风险,因此为了保证城市安全,建议在室外排水设计规范中取消关于折减系数 *m* 的条款.

参考文献:

[1] ASHLEY R M, BALMFORT D J, SAUL A J, et al. Flooding in the future-predicting climate change, risks and responses in urban areas[J]. Water Science and Technology, 2005, 52(5): 265-273.

[2] TÜDES Sule, YILMAZ Gültekin. Evaluation of relationship of spatial planning-georisks and urban risk analysis: the case study of Bartın[J]. Gazi University Journal of Science, 2009, 22(4): 395-411.

[3] LI Wei-feng, CHEN Qiu-wen, MAO Jing-qiao. Development of 1D and 2D coupled model to simulate urban inundation: an application to Beijing Olympic Village[J]. Chinese Science Bulletin, 2009, 54(9): 1613-21.

[4] MAILHOT Alain, DUCHESNE Sophie. Design criteria of urban drainage infrastructures under climate change[J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 2010, 136(2): 201-208.

[5] FUREY S G, LUTYENS B C. Developing an integrated water management strategy to overcome conflicts between urban growth, water infrastructure and environmental quality: a case study from Ashford, Kent[J]. Water and Environment Journal, 2008, 3, 22(1): 42-53.

[6] OPRITA R. Risks influences on the built environment[C] // Proceedings of the WSEAS International Conference. International Conference on Risk Management, Assessment and Mitigation (RIMA 2010), Bucharest, April 20-22, 2010: 205-209.

[7] THIERRY Leviandier, SYLVAIN Paypaudeau. A metamodel for stormwater detention basins design[J]. Water Science and Technology, 2007, 56(12): 37-44.

- [8] BEIGHLEY Edward, KARGAR Maryam, HE Yi-ping. Effects of impervious area estimation methods on simulated peak discharges[J]. Journal of Hydrologic Engineering, 2009, 14(4): 388-398.
- [9] BEAZANT Gareth. Planning for the worst[J]. Professional Engineering, 2005, 18(2): 22-23.
- [10] 汪明明. 雨水池设计理论研究[D]. 北京工业大学建筑工程学院, 2008: 80-85.
WANG Ming-ming. The theoretical research on design of rainwater tanks[D]. College of Architecture and Civil Engineering, Beijing University of Technology, 2008: 80-85. (in Chinese)
- [11] 邓培德. 雨水沟道容量平衡调节法设计流量的研究[J]. 土木工程学报, 1983, 15(1): 63-74.
DENG Pei-de. A study on the design flow of storm water sewers by method of balance capacity[J]. China Civil Engineering Journal, 1983, 15(1): 63-74. (in Chinese)
- [12] 孟昭鲁, 曲祥瑞. 关于 $q = A - (t + b) \sim n$ 型暴雨强度公式雨水管渠空隙容量利用的讨论[J]. 土木工程学报, 1983, 15(1): 75-87.
MENG Zhao-lu, QU Xiang-rui. On the storage effect of free space in storm sewers[J]. China Civil Engineering Journal, 1983, 15(1): 75-87. (in Chinese)
- [13] 北京市市政设计院. 城市雨水沟管空隙容量的利用[J]. 土木工程学报, 1983, 15(1): 91-101.
Beijing Municipal Engineering Design Institute. On the storage effect of free space in municipal storm sewers[J]. China Civil Engineering Journal, 1983, 15(1): 91-101. (in Chinese)
- [14] 上海市市政设计院. GB50014—2006 室外排水设计规范[S]. 北京: 标准出版社, 2006.

Theory of Attenuation Coefficient m in Urban Storm Sewer System Design

ZHOU Yu-wen¹, WENG Yao-yao¹, WANG Ming-ming²

(1. College of Architecture and Civil Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

2. School of Architecture & Civil Engineering, Anhui University of Technology, Maanshan 243002, Anhui, China)

Abstract: The code for design of outdoor wastewater engineering in China follows the storm sewer system design method of the former Soviet Union, using attenuation coefficient m for amending the catchment concentration time. In view of the method, the paper analyzes that different urban storm intensity formula parameters b , n and surface catchment concentration time t_1 , flow time t_2 in pipes have impact on the design flow Q_m/Q_0 after using the attenuation coefficient m . The research finds out that Q_m/Q_0 is an increasing function of b and t_1 , and a decreasing function of n and t_2 . The suitable scope of urban storm intensity formula has been severely affected as a result of using the attenuation coefficient m . Depending on the different surface catchment concentration times, the suitable scope of design flow time t_2 in pipes has reduced to 57.5 – 52.5 min. According to the urban storm intensity formula of Beijing, after using attenuation coefficient m , the design flow has reduced 40% – 50%.

Key words: city; storm sewer system; attenuation coefficient

(责任编辑 吕小红)