

于凤存, 王友贞, 蒋尚明, 等. 基于设计暴雨强度城市河道排涝与管渠排水标准关系研究[J]. 灾害学, 2015, 30(1): 21-24. [Yu Fengcun, Wang Youzhen, Jiang Shangming, et al. Study on the relationship between the river and pipe drainage system based on the strength of design storm [J]. Journal of Catastrophology, 2015, 30(1): 21-24.]

基于设计暴雨强度城市河道排涝与管渠排水标准关系研究*

于凤存^{1,2}, 王友贞^{1,2}, 蒋尚明^{1,2}, 沈 瑞^{1,2}

(1. 安徽省·水利部淮河水利委员会水利科学研究院, 安徽 蚌埠 233000;
2. 安徽省水利水资源重点实验室, 安徽 蚌埠 233000)

摘 要: 城市化地区河道排涝系统与管渠排水系统, 分属不同的管理部门, 遵循不同的行业规范。该文分析了城市河道排涝与城市管渠排水的功能及关系, 从排水系统的特点及计算方法探析了城市河道排涝与管渠排水的区别。还讨论了排涝标准三个主要因素暴雨历时、排涝时间和设计暴雨重现期的拟定, 探讨了城市河道排涝与城市管渠排水标准的衔接方法, 并以合肥市十五里河为例, 通过推求设计暴雨强度拟定河道排涝和管渠排涝设计暴雨重现期之间的定量关系, 为城市排水工程规划提供了参考依据。

关键词: 排涝; 管渠排水; 河道排涝; 排涝标准

中图分类号: TV212. 5+3; X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2015)01-0021-04

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2015.01.005

河道排涝, 主要是依靠内河、排涝沟渠、泵站和闸坝等水利设施, 解决较大汇流面积上、较长历时暴雨产生的涝水排放问题, 即把城市内水及过境客水排入行洪干河(或外海)。

管渠排水, 主要是依靠地面返坡、落水井、雨水管网等市政排水设施, 解决小汇流面积上、较短历时的暴雨积水排放问题, 即把城市内水排入内河或湖泊。

河道排涝与管渠排水是城市建设发展的重要建设任务, 同属于城市防灾体系, 城市河道排涝多由水利部门主管, 而城市管渠排水由城建部门主管^[1-3]。河道排涝系统及管渠排水系统分别遵循不同的行业标准及规范, 在设计暴雨选择、设计暴雨历时等方面存在很多差异, 各自形成独立的方法体系, 造成两者的计算结果难以协调统一, 因此, 尝试从推求设计暴雨方面研究河道排涝与管渠排水标准之间的关系。

1 排水系统特点及计算方法

1.1 城市管渠排水系统的特点及计算方法

尽管排水计算方法已经有很大的发展, 尤其是近年来很多精细的城市雨洪排水计算模型和软件的出现, 为分析城市排水问题提供了强大的较准确的依据。其中推理公式计算简便、满足精度要求、基本原理与现代水文流域汇流的卷积概念完全一致, 因此推理公式得到广泛的应用。我国

《室外排水设计规范》^[4]将推理公式法作为常规的排水设计计算方法。

$$Q = q \times \psi \times F. \quad (1)$$

式中: Q 为雨水设计流量 (L/s); q 为设计暴雨强度 ($L \cdot s^{-1} \cdot hm^{-2}$); ψ 为径流系数; F 为汇水面积 (hm^2); 设计暴雨强度 q 按下式推求。

$$i = \frac{A(1 + C1gT)}{(t + B)^n}. \quad (2)$$

推理公式法是现有雨水管道设计方法中最直接最简单的方法, 但是它在选择系数时需要大量的人工判断和经验以提供合理的结果, 由于它只是考虑最大流量的设计, 简化了很多雨水管道设计的水文现象, 在国内外城市现行排水规划设计中应用很普遍。

1.2 区域排水系统的特点及计算方法

对于地面坡度较大的区域, 河道呈树枝状, 河道上下游水流方向明显, 水流基本为单一方向, 河道水位一般对管道排水影响不大。对于平原河网地区和感潮河网地区, 由于地势平坦, 水流方向顺逆不定, 与潮汐相位、水利工程调度等多种因素有关, 水系呈网状分布, 水文特性较为复杂, 汛期河道水位较高时会对管道系统的排水产生顶托, 造成地面积水。

河道排水主要有马斯京根法、调蓄演算法、曼宁公式法、水面曲线法、非恒定流法、推理公式法等^[5]。对调蓄能力较弱的区域, 河道排涝计算通常采用推理公式法。

* 收稿日期: 2014-08-12 修回日期: 2014-09-26

基金项目: 国家自然科学基金(51209001); 安徽省水利重大项目前期工作经费项目“安徽省平原圩区排涝水文计算办法”(NS201210)

作者简介: 于凤存(1979-), 女, 山东聊城人, 博士, 工程师, 从事农田水利、水旱灾害及生态环境方面的研究工作。

E-mail: fcyhhu@126.com

$$Q_m = 0.278 \frac{h_\tau}{\tau} F, \quad (3)$$

$$\tau = 0.278 \frac{L}{V_\tau}, \quad (4)$$

$$V_\tau = mJ^{1/3} Q_m^{1/4}. \quad (5)$$

式中： Q_m 为洪峰流量(m^3/s)； h_τ 为相应于 τ 时段的最大净雨量(mm)； τ 为汇流时间(h)； F 为流域面积(km^2)； L 为沿主河道从出口断面至分水岭的最长距离(km)； V_τ 为汇流速度(m/s)； J 为沿流程 L 的平均比降； m 为经验性汇流参数。

2 管渠排水与河道排涝标准选定

排涝标准包含三方面的要素：设计暴雨历时、设计暴雨重现期和排涝时间。任何一个排涝标准完整、准确的表述都应该包含这三方面的内容。

2.1 河道排涝标准

(1)设计暴雨历时。采用暴雨历时长短，视流域面积大小、地形及植被等条件而定，一般选取设计暴雨历时1 d或者最大24 h。

(2)排涝时间。排涝时间应根据保护对象的耐淹能力，即耐淹历时和水深确定，排涝时间不应超过保护对象的耐淹历时，普遍选取24 h。

(3)设计暴雨重现期。《GB/T50805-2012 城市防洪工程设计规范》^[6]规定，不同防洪保护对象设计排涝标准一般选取5~20年一遇；《国务院办公厅关于做好城市排水防洪设施建设工作的通知》^[7]、《城市排水(雨水)防涝综合规划编制大纲》^[8]提出不同城市内涝防治标准为：直辖市、省会城市和计划单列市中心城区能有效应对不低于50年一遇暴雨，地级城市中心城区能有效应对不低于30年一遇的暴雨，其他城市中心城区能有效应对不低于20年一遇的暴雨，对经济条件较好且暴雨内涝易发的城市可视具体情况采取更高的城市排水防涝标准。

2.2 管渠排涝标准

(1)设计暴雨重现期。目前现行规范规定的暴雨重现期，根据工程性质，一般地区采用1~3年，重要地区或短时积水会造成严重后果的地区采用3~5年，特别重要地区可采用10年以上。

(2)设计暴雨历时。一般取1 h。

(3)径流系数。根据汇水范围内不同的地貌分别计算：公园绿地为0.1~0.2，各种屋面、混凝土或沥青路面为0.85~0.95。在汇水范围内规划地面类型不明确时，采用综合径流系数。

3 标准衔接确定方法

城市排涝与管渠排水设计均以一定频率的设计暴雨推求设计流量，由于暴雨选样方法、由设计暴雨推求设计流量的产汇流计算方法不同，分析所得的设计暴雨、流量也不相同，导致城市管渠排水流量与城市排涝流量不衔接^[1]。

针对上述问题，目前主要通过两种思路来解决：一是根据数理统计、概率论等原理，推导出城市排涝标准与排水标准的对应关系；二是根据

实测资料，采用不同的选样方法选样，然后通过频率计算或者利用不同的雨洪计算方法得出城市排涝与排水标准衔接的关系。具体有以下三种方法：

(1)流量的对比衔接

水利设计洪水的推求。通过设计暴雨计算、产汇流计算得出设计排涝流量，或者根据综合单位线法、推理公式和经验公式来推求设计洪水。

市政设计流量的推求。根据市政排水暴雨强度计算公式推求设计暴雨强度，再综合径流系数、汇水面积和设计暴雨强度，计算出设计流量。

用计算的涝水流量分别点绘流量~重现期关系两条曲线，根据同一设计流量在两条曲线上查重现期值，对比水利设计洪水与市政设计流量，拟定水利排涝标准与设计排水标准的衔接关系^[9-10]。

(2)设计频率对比衔接

市政部门选样方法为超定量法，采用的是次频率，在计算时，要根据公式 $P_E = \frac{n+1}{(N+1)T}$ ，把重现期转化成相应的次频率，然后才能从次雨量频率曲线上读取相应的设计值^[11]。这样，与年最大值法选样的频率(或重现期)才能一致。

水利部门采用年最大值法，采用的是年频率，可以直接从频率曲线上读取。

由超定量法各种重现期(0.33、0.5、1、2、3、5、10、20年)的设计值，查年最大值法频率曲线得出年最大值法对应的重现期，从而得出两种选样法相同历时暴雨设计值重现期之间的对应关系。

(3)设计暴雨强度对比衔接

在降雨资料摘录资料不够详尽或者研究区资料不够详实的情况下，可采用该方法。对河道排涝，选取长历时年最大24 h降雨量进行频率计算，通过历史上的降雨统计资料，找出不同设计暴雨重现期的设计暴雨值，同时整理出相应的最大4~6 h的降雨值。根据设计暴雨强度公式，反推出管渠排水计算中的设计暴雨重现期。

4 管渠排涝标准与河道排涝标准衔接计算

以安徽省合肥市十五里河流域为例，通过推求设计暴雨强度来研究河道排涝与管渠排涝之间的关系。

4.1 推求降雨历时 t

雨水设计流量采用式(1)。

合肥市设计暴雨强度公式为：

$$q = \frac{3600(1+0.761\lg P)}{(t+14)^{0.84}}. \quad (6)$$

式中： q 为设计暴雨强度($\text{L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$)， P 为重现期(年)， t 为降雨历时(min)， $t = t_1 + t_2$ ，其中 t_1 为地面集水时间，一般城市道路排水设计取 $t_1 = 10 \text{ min}$ ， m 为折减系数，暗渠折减系数 $m = 2$ ，明确折减系数 $m = 1.2$ ； t_2 为管渠内雨水流行时间(min)。

由《合肥市雨水专项规划(2006-2020)》^[12]查

得里河分区汇水面积及出口流量, 径流系数 j 取值 0.75, 设计暴雨重现期 $P=1.5$, 通过式(1)计算出设计暴雨强度, 再由式(2)推求降雨历时 t 。具体见表 1。

由表 1 可见, 降雨历时为 120 ~ 327 min 不等, 均值为 212 min, 若降雨历时取值 210 min, 则地面积水时间为 10 min, 管渠内雨水流行时间为 167 min。

4.2 计算合肥站最大 24 h 设计暴雨

由合肥站长历时最大 24 h 降雨资料, 进行频率计算, 结果见表 2。

4.3 标准衔接计算

由 4.1 节中, 推求降雨历时 t 均值为 212 min, 则为 3.5 h 左右, 拟取最大 4 h、6 h 为计算时段进行标准衔接计算。

表 1 十五里河主要雨水控制节点的降雨历时统计表

序号	汇水面积/ km ²	出口流量/ (m ³ /s)	设计暴雨强度/ (L·s ⁻¹ ·hm ⁻²)	T/ min
1	1.9	7.3	51.23	177.61
2	3.3	9.6	38.79	252.84
3	4.2	13.3	42.22	227.2
4	3.3	7.8	31.52	327.66
5	4.2	16.8	53.33	168.64
6	3.4	11.1	43.53	218.61
7	1.2	4.4	48.89	188.58
8	2	10.4	69.33	119.65
9	1.9	6.9	48.42	190.91
10	3.8	12.8	44.91	210.1
11	2	8.3	55.33	160.81
12	2.2	6.3	38.18	257.89
13	2.2	5.5	33.33	305.6
14	2.4	10.1	56.11	157.93

表 2 合肥站最大 24 h 设计暴雨

频率/%	0.5	1	2	3	5	10	20	25	33.33	
设计暴雨重现期/年一遇	200	100	50	33.333	33	20	10	5	4	3
设计暴雨/mm	271.02	243.56	215.96	199.75	179.04	150.47	121.28	111.61	103.57	

选取最大 24 h 降雨设计暴雨重现期 3 ~ 20 年的 14 场次降雨, 并计算出每场次暴雨内最大 6 h 降雨量, 采用最大 6 h 降雨均值通过式(6)推求管渠对应的设计暴雨重现期, 具体见表 3。以最大 4 h 为统计单位, 计算对应的管渠排涝标准, 见表 4。

偏于安全起见, 试算了最大 4 h 降雨量占最大 24 h 降雨 50% 情况下, 对应的管渠排涝标准设计暴雨重现期; 最大 6 h 降雨量占最大 24 h 降雨量 70% 情况下, 对应的管渠排涝标准设计暴雨重现期。

综合表 3 和表 4, 可以得出, 暴雨雨型不同, 十五里河河道排涝标准设计暴雨对应的管渠排涝标准不尽相同, 有时候还会差别很大, 导致河道排涝标准与管渠排涝标准的关系不是一个定数。在满足一般设计暴雨雨型的情况下, 得出合肥市管渠排涝标准和河道排涝标准的关系: 河道排涝标准 50 年一遇对应的管渠排涝标准为 2.5 ~ 8.1 年一遇; 河道排涝标准 20 年一遇对应的管渠排涝标准为 2.5 ~ 3.4 年一遇; 河道排涝标准 10 年一遇对应的管渠排涝标准为 1.1 ~ 2.5 年一遇; 河道排涝标准 5 年一遇对应的管渠排涝标准为 0.4 ~ 1.1 年一遇。

表 3 最大 24 h 降雨河道排涝标准与最大 6 h 管渠设计暴雨重现期衔接

年份	24 h		水利重现期	6 h		$(R_{6h}/R_{24h})/\%$	市政重现期	市政重现期 ($R_{6h}=0.7R_{24h}$)
	降雨量/mm	发生时间		降雨量/mm	发生时间			
1984	232.1	06-12 20:00	100 年一遇	91.3	06-13 14:00	39.34	1.43	20.14
1974	196.7	08-12 14:00	50 年一遇	105.8	08-12 20:00	53.79	2.46	8.02
2010	152	07-12 00:00	20 年一遇	83	07-12 08:00	54.61	1.05	2.51
2005	143.6	07-05 21:00	10 年一遇	126.6	07-06 05:00	88.16	5.32	2.02
1960	133.4	07-27 14:00	10 年一遇	93.4	07-28 02:00	70.01	1.55	1.55
1989	145.9	08-05 00:00	10 年一遇	74.9	08-05 17:00	51.34	0.78	2.14
1991	119.8	07-09 05:00	5 年一遇	39	07-09 23:00	32.55	0.21	1.09
1980	114.4	07-17 11:00	4 年一遇	47.9	07-17 11:00	41.87	0.29	0.95
1962	113.8	07-05 12:00	4 年一遇	53.9	07-06 06:00	47.36	0.36	0.93
1964	109.9	05-16 02:00	4 年一遇	54	05-16 02:00	49.14	0.36	0.84
1990	112.6	06-26 10:00	4 年一遇	104	06-26 19:00	92.36	2.30	0.90
2003	113.4	07-09 17:00	4 年一遇	61.9	07-10 06:00	54.59	0.48	0.92
1988	106.3	07-24 14:00	3 年一遇	32.6	07-24 16:00	30.67	0.16	0.77
1975	108.2	10-10 15:00	3 年一遇	53.2	10-11 03:00	49.17	0.35	0.80

表 4 最大 24 h 降雨河道排涝标准与最大 4 h 管渠排涝标准衔接

年份	24 h		水利重现期	4 h		$(R_{4h}/R_{24h})/\%$	市政重现期	市政重现期 ($R_{4h}=0.5R_{24h}$)
	降雨量/mm	发生时间		降雨量/mm	发生时间			
2010	152	07-12 0:00	20 年一遇	70.9	07-12 08:00	46.64	2.51	3.33
2005	143.6	07-05 21:00	10 年一遇	103.4	07-06 07:00	72.01	15.32	2.64
1989	145.9	08-05 0:00	10 年一遇	55.4	08-05 17:00	37.97	1.06	2.81
1991	119.8	07-09 5:00	5 年一遇	33.8	07-10 02:00	28.21	0.32	1.36
1980	114.4	07-17 11:00	4 年一遇	47.9	07-17 11:00	41.87	0.70	1.17
1990	112.6	06-26 10:00	4 年一遇	103.6	6-26 21:00	92.01	15.49	1.11
2003	113.4	07-09 17:00	4 年一遇	46.9	07-10 08:00	41.36	0.66	1.14
1988	106.3	07-24 14:00	3 年一遇	33.2	07-24 14:00	31.23	0.31	0.93
1975	108.2	10-10 15:00	3 年一遇	35.7	10-11 04:00	32.99	0.35	0.98

5 结论

城市是国家和地区的政治、经济、文化中心和重要的交通枢纽,在整个国民经济中占有举足轻重的地位。随着城镇化进程的快速推进,城市规模将不断扩大,河道排涝与管网排水关系更为密切^[13]。近年来,城市内涝灾害频发,涝灾害损失所占的比重越来越大,不仅严重影响了城市经济建设和居民正常的生产生活,还对整个社会发展造成严重恶劣的影响,甚至影响和谐社会的建设与社会稳定。

河道排涝与管渠排水,分别遵循不同的行业规范,隶属于不同的管理部门,各自成为体系,从设计暴雨选择、设计暴雨历时、排涝历时、产汇流计算等各方面存在着较大差别,本文从河道排涝标准与管渠排涝标准的差异性进行了分析,并以安徽省合肥市十五里河流域为例,通过推求设计暴雨强度研究了河道排涝与管渠排涝标准的关系。从结果可以看出,河道排涝标准与管渠排涝标准关系与暴雨雨型分布密切相关,对于异常暴雨情况也要另作分析计算。

参考文献:

- [1] 谢华,黄介生. 城市化地区市政排水与区域排涝关系研究[J]. 灌溉排水学报, 2007, 26(5): 10-13.
- [2] 范威,黄程. 城建部门与水利部门排涝标准差别[J]. 水利规划与设计, 2013(5): 20-22, 46.
- [3] 曹利军,徐曙光. 城市排水与河道排涝标准的衔接计算方法探讨[J]. 安徽水利水电职业技术学院学报, 2012, 12(3): 16-18.
- [4] GB50014-2006 室外排水设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
- [5] 叶守泽,詹道江. 工程水文学[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.
- [6] GB/T50805-2012 城市防洪工程设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2012.
- [7] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于做好城市排水防涝设施建设工作的通知(国办发[2013]23号)[Z]. 2013-03-25.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 住房城乡建设部关于印发城市排水(雨水)防涝综合规划编制大纲的通知(建城[2013]98号)[Z]. 2013-06-18.
- [9] 张理,梁伟,高俊发,等. 西安市城市雨水与城市排涝流量计算比较研究[J]. 城市道桥与防洪, 2007, 2(2): 47-49.
- [10] 谢淑琴. 城市小区管网排水及区域排涝水文计算方法初步探讨[J]. 人民珠江, 2003(6): 30-32.
- [11] 刘俊,俞芳琴,张建涛,等. 城市管道排水与河道排涝设计标准的关系[J]. 中国给水排水, 2007, 23(2): 43-45.
- [12] 上海市政工程涉及研究总院. 合肥市雨水专项规划(2006-2020)[R]. 上海: 上海市政工程涉及研究总院, 2008.
- [13] 张冬冬,严登华,王义成,等. 城市内涝灾害风险评估及综合应对研究进展[J]. 灾害学, 2014, 29(1): 144-149.

Study on the Relationship between the River and Pipe Drainage System Based on the Strength of Design Storm

Yu Fengcun^{1,2}, Wang Youzhen^{1,2}, Jiang Shangming^{1,2} and Shen Rui^{1,2}

(1. Anhui and Huaihe River Institute of Hydraulic Research, Bengbu 233000, China;

2. Anhui Province Key Laboratory of Water Conservancy and Water Resources, Bengbu 233000, China)

Abstract: The drainage systems of urbanized area include river drainage systems and rain pipe drainage system, and they are belonged to the different management department, and following the different design standards. The roles and the relationships between the river and pipe drainage systems are analyzed, and the differences are discussed from the characteristics of the drainage systems and calculation methods. It is discussed about the drainage standard including return period, duration of design storm and the drainage time, and then the methods are summarized to quantify the relationship of the return period of design storm. Taking Shiwuli River in Hefei City as example, the quantitative relationship between the river and pipe drainage system is determined through deriving the strength of design storm, which provides a reference for urban drainage planning.

Key words: water-logging drainage; pipe drainage system; river drainage system; drainage standard