

DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2015.04.002

水利排涝与市政排水重现期的转换关系

冯耀龙^{1,2}, 马姗姗¹, 肖静¹

(1. 天津大学 水利工程仿真与安全国家重点实验室, 天津 300072; 2. 重庆水利电力职业技术学院, 重庆 402160)

摘要:以海口市排涝工程为例,根据设计流量分析法,探讨了海口市水利排涝和市政排水重现期的对应关系。结果表明,市政排水重现期1年对应水利排涝重现期10年;市政排水重现期2年对应水利排涝重现期15~20年;市政排水重现期3年对应水利排涝重现期20~28年;市政排水重现期5年对应水利排涝重现期30~40年;市政排水重现期10年对应水利排涝重现期45~70年。据此,结合已有成果,最终得出了适用于其它地区水利排涝与市政排水重现期的多项式转换模型。

关键词:水利排涝;市政排水;设计流量分析;设计暴雨分析;重现期;转换模型

中图分类号:TV213.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-1683(2015)04-0614-04

Transformation relationship of return period between municipal drainage system and waterlogged drainage system

FENG Yaolong^{1,2}, MA Shanshan¹, XIAO Jing¹

(1. State Key Laboratory of Hydraulic Engineering Simulation and Safety, Tianjin University,

Tianjin 300072, China; 2. Chongqing Water Resources and Electric Engineering College, Chongqing 402160, China)

Abstract:The transformation relationship of return period between the municipal drainage system and waterlogged drainage system was investigated using the design flow analysis method according to the drainage project in Haikou City. The results showed that the municipal drainage return period of 1 year corresponds to the water drainage return period of 10 years, municipal drainage return period of 2 years to water drainage return period of 15~20 years, municipal drainage return period of 3 years to water drainage return period of 20~28 years, municipal drainage return period of 5 years to water drainage return period of 30~40 years, and municipal drainage return period of 10 years to water drainage return period of 45~70 years, respectively. Based on the research results obtained previously and in this paper, the general transformation model of return period between municipal drainage system and waterlogged drainage system was determined.

Key words:waterlogged drainage; municipal drainage; design flow analysis; design storm analysis; return period; transformation model

城市排涝涉及小区排水和河道排涝,分别由市政部门和水利部门负责^[1],而两部门的排水标准规定不一致,容易导致执行偏差。随着水务一体化的推进及城市排水规划设计的实施,两者关系日益密切。为了更好地开展城市排涝治理工作,需要明确两部门标准的差异,探讨水利排涝与市政排水重现期的转换关系。

目前国内对两种重现期转换关系的研究方法大致分为设计流量分析法、设计暴雨分析法两类。设计流量分析法是采用不同方法分别计算水利涝水流量及市政雨水流量,然后

在同一设计流量的基础上,建立它们之间重现期的对应关系。如王永等^[2]以安庆市枞阳县具体集水流域为例,对比了水文公式计算的水利涝水流量与暴雨强度公式计算的市政雨水流量,陈鑫等^[3]对比了SWMM模拟的24h长历时雨洪峰值和城市室外排水法计算的2h短历时雨洪峰值,均得出了两种重现期的对应关系。而设计暴雨分析法则根据短历时暴雨资料,按不同取样方法分析同一设计暴雨的重现期,得出不同选样方法与设计暴雨重现期之间的定量关系,如刘俊等^[4]利用南京市雨量资料,探讨了不同选样方法下

收稿日期:2014-08-17 修回日期:2015-06-05 网络出版时间:2015-07-24

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20150724.1128.012.html>

基金项目:国家自然科学基金创新研究群体科学基金资助项目(51321065)

作者简介:冯耀龙(1969-),男,陕西宜川人,副教授,博士,主要从事水文学水资源及系统分析方面的教学与科研工作。E-mail: yaolong69@sina.com

通讯作者:马姗姗(1990-),女,河南人,主要从事水文学与水资源方面研究。E-mail: haoyun8768@163

计暴雨重现期之间的对应关系。不过,这些研究成果的地域性较强,有较大的局限性。

本文以海口市排涝工程为例,分别采用广东省综合单位线法、推理公式法及经验公式法计算了水利涝水流量,根据暴雨强度公式和雨水流量公式推求了市政雨水流量。基于不同方法得到的同一设计流量重现期,进而确定出海口市排涝及排水重现期的对应关系。最后,结合已有成果^[2, 13-14],提出了适用于国内其它地区排涝与排水重现期转换关系的多项式模型,为水利和市政规划建设的接轨提供了有益参考^[15]。

1 涝水流量计算方法

1.1 水利排涝

水利排涝通常采用“多种方法、综合分析、合理选定”的原则计算洪峰流量和洪水过程线。计算方法包括综合单位线法、推理公式法、经验公式法、净雨过程法^[5]。由于净雨过程法应用较少,本文不再详细介绍。

(1) 广东省综合单位线法

广东省综合单位线法是通过纳希瞬时单位线方法的深入研究,结合国内外经验,提出的具有广东特色的综合单位线方法。其产流分析采用初损后损法,汇流分析主要是应用线性系统识别的最小二乘法解算经验单位线,综合给出分区分类的以无因次单位线表达的经验线型^[6]。

$$u_i = q_i \times t_p / W, x_i = t_i / t_p \quad (1)$$

式中: u_i 、 x_i 分别为无因次单位线的纵、横坐标; q_i 、 t_p 分别为时段单位线的纵、横坐标(纵坐标单位为 $m^3/(s \cdot mm)$,横坐标单位为h); t_p 为单位线的上涨历时(h);相当于1mm径流深的水量($W = F/3.6$, F 为集雨面积,单位 km^2), Δt 时段单位线包围的面积为 $W = \sum q_i \times \Delta t (10^4 m^3)$ 。

(2) 推理公式法。

推理公式法计算公式如下:

$$Q_m = 0.278(S_p/\tau_p - f)F \quad (2)$$

$$\tau_p = 0.278\theta/(m \times Q_m^{1/4}) \quad (3)$$

式中: Q_m 为设计洪峰流量(m^3/s); F 为集雨面积(km^2); S_p 为设计暴雨雨力(mm/h); n_p 为暴雨递减指数,无量纲; f 为平均后损率(mm/h); τ 为汇流历时(h); m 为汇流参数,其值从工程集水区域特征参数从暴雨图集的汇流参数 $m \sim \theta$ 关系图上查取。

(3) 经验公式法。

设计流量的经验公式如下:

$$Q_m = C_1 \times H_{24p} \times F^{0.84} \theta^{0.15} \quad (4)$$

式中: Q_m 为设计洪峰流量(m^3/s); C_1 为无量纲系数,随频率而异; H_{24p} 为24h的设计暴雨量(mm); θ 为汇流特征系数($\theta = \frac{L}{J^{1/3}}$); F 为工程集雨面积(km^2)。公式(4)反映了流域的地理特征和暴雨特征,对于集水面积小于 $10 km^2$ 的河流使用效果较好^[7]。

1.2 市政排水

城市排水主要针对城市小排水系统,目标是排除雨水管渠汇水范围内的雨水^[8]。依据《室外排水设计规范》^[9],雨水

设计流量根据设计暴雨强度进行计算。设计暴雨强度计算公式如下:

$$q = \frac{167A_1(1 + C \lg P)}{(t + b)^n} \quad (5)$$

式中: q 为设计暴雨强度($L/(s \cdot hm^2)$); P 为设计暴雨重现期(年); t 为设计暴雨历时(min); A_1 为雨力参数,海口市地区为 $14 mm$; C 为无量纲参数,海口市地区为 0.4 ; b 为历时附加参数,海口市地区为 $9 min$; n 为暴雨衰减指数,无量纲,海口市地区为 0.65 。

雨水设计流量按公式(6)计算。

$$Q = q^\psi F \quad (6)$$

式中: Q 为雨水设计流量(L/s); q 为设计暴雨强度($L/(s \cdot hm^2)$); ψ 为径流系数,无量纲; F 为汇水面积($10^{-2} km^2$)。

2 水利排涝与市政排水重现期的关系模型

2.1 海口市水利排涝与市政排水重现期对应关系

2.1.1 水利排涝设计洪峰

选取海口市易发生洪涝灾害的区域(海甸岛五西路明渠、龙昆沟、板桥溪、河口溪及金牛岭湖)。各流域特征参数见表1。

表1 各流域特征参数

Tab. 1 Characteristic parameters of the each river basin

编号	河渠名称	集雨面积/ km^2	干流河流/ km	坡降(%)
1	五西路明渠	3.21	3.14	0.10
2	金牛岭湖	2.97	3.00	3.40
3	板桥溪	1.08	1.30	0.60
4	河口溪	3.29	1.80	0.50
5	龙昆沟	26.50	8.23	2.20

以海口雨量站43年(1970年—2012年)实测降雨量序列及《广东省暴雨径流查算图表》使用手册^[9]为基础,降雨历时选取 $24 h^{[11]}$,设计标准取5年一遇、10年一遇、20年一遇、50年一遇和100年一遇,分别采用广东省综合单位线法、推理公式法、经验公式法计算设计洪水。其中,广东省综合单位线法的计算结果最为保守,见表2。

表2 各流域不同频率下设计洪峰

Tab. 2 Design peak flows of each river basin under different frequencies

编号	河渠名称	设计洪峰 $Q_m/(m^3 \cdot s^{-1})$				
		5年一遇	10年一遇	20年一遇	50年一遇	100年一遇
1	五西路明渠	18.22	22.28	26.20	31.30	36.03
2	金牛岭湖	22.71	27.40	31.97	37.85	43.17
3	板桥溪	9.15	10.99	12.75	15.04	17.14
4	河口溪	24.38	29.47	34.42	40.78	46.57
5	龙昆沟	170.76	207.05	242.23	287.68	329.68

2.1.2 市政雨水流量计算

根据海口市暴雨强度公式和雨水流量公式,推求重现期 $T=1$ 年、2年、3年、5年和10年的市政雨水流量,计算结果见表3。

2.1.3 重现期对应关系的确立

将水利排涝设计洪峰及市政雨水流量分别点绘流量重

现期关系曲线,根据同一设计流量在曲线上查出的重现期,确定二者的对应关系^[12],见表 4。

表 3 各流域雨水流量

Tab. 3 Rainwater flow rates of each river basin

序号	河渠名称	面积 / km ²	径流系数	设计雨水量 / (m ³ · s ⁻¹)				
				T= 1 年	T= 2 年	T= 3 年	T= 5 年	T= 10 年
1	五西路明渠	3.21	0.65	22.69	25.42	27.02	29.03	31.75
2	金牛岭湖	2.97	0.65	27.50	30.82	32.76	35.20	38.50
3	板桥溪	1.08	0.65	11.34	12.71	13.51	14.51	15.87
4	河口溪	3.29	0.75	28.72	2.19	34.21	36.76	40.21
5	龙昆沟	26.53	0.60	211.29	236.71	251.59	270.34	295.68

表 4 各流域水利排涝和市政排水重现期对应关系

Tab. 4 Corresponding relationship of return period between municipal drainage system and waterlogged drainage system of each river basin

市政排水重现期/a	水利排涝重现期/a				
	五西路明渠	金牛岭湖	板桥溪	河口溪	龙昆沟
1	11	10	11	10	11
2	17	16	19	15	17
3	24	23	28	20	25
5	35	36	41	30	38
10	56	56	68	47	65

2.2 重现期转换模型

对于海口市各调查流域,分别计算市政排水重现期 1 年、2 年、3 年、5 年和 10 年对应的水利排涝重现期平均值,结果见表 5。

表 5 水利排涝与市政排水重现期对应关系

Tab. 5 Corresponding relationship of return period between municipal drainage system and waterlogged drainage system in Haikou City

海口市	市政排水重现期/年	1	2	3	5	10
	水利排涝重现期/年		10.6	16.8	24.0	36.0

将市政排水重现期 (T_D) 作为横坐标,水利排涝重现期 (T_w) 作为纵坐标,得到海口市排水与排涝重现期的转换关系趋势线(图 1)。

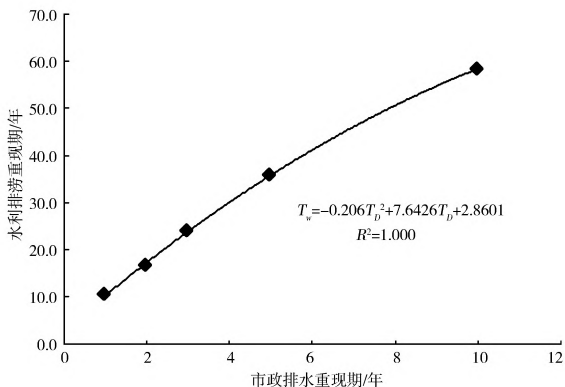


图 1 海口市水利排涝与市政排水重现期转换关系

Fig. 1 Transformation relationship of return period between municipal drainage system and waterlogged drainage system in Haikou City

由图 1 可知,海口市水利排涝重现期与市政排水重现期

的呈正相关关系(相关系数 $R^2 = 1.000$),且两者之间的转换关系呈多项式模型,即:

$$T_w = - 0.2086T_D^2 + 7.6426T_D + 2.8601 (R^2 = 1.000) \quad (7)$$

表 6^[2,13,14] 列出了某些地区排水排涝标准对应关系的研究成果。

表 6 市政排水与水利排涝重现期转换关系

Tab. 6 Corresponding relationship of return period between municipal drainage system and waterlogged drainage system in other cities

安庆市	市政排水重现期/年	0.333	0.5	1.0	2.0
枞阳县	水利排涝重现期/年	1	2	5	10
南京市	市政排水重现期/年	1	2	3	5
六合区	水利排涝重现期/年	11.8	28.4	31.4	48.2
南昌市	市政排水重现期/年	1	2	3	5
	水利排涝重现期/年	5.93	5.92	10.52	34.48

由表 6 可以得出,安庆市枞阳县水利排涝与市政排水重现期的转换关系为

$$T_w = - 0.4486T_D^2 + 6.4599T_D - 1.0887 (R^2 = 1.000) \quad (8)$$

南京市六合区水利排涝 24 h 与市政排水 1 h 重现期的转换关系为

$$T_w = - 0.1514T_D^2 + 9.6060T_D + 5.0636 (R^2 = 0.990) \quad (9)$$

南昌市水利排涝 24 h 与市政排水 1 h 重现期的转换关系为

$$T_w = - 0.4718T_D^2 + 8.8675T_D + 3.4153 (R^2 = 0.973) \quad (10)$$

可见,安庆市枞阳县、南京市六合区及南昌市水利排涝与市政排水重现期同样存在着类似的多项式关系, R^2 值均显示了两者的密切相关性。尽管各排涝流域自身的下垫面、调蓄空间等水文条件均有差异,各排涝工程两种标准间的转换关系也有所不同^[15],但相应重现期之间的转换规律是类似的,且满足以下多项式关系:

$$T_w = AT_D^2 + BT_D + C \quad (11)$$

式中: A 、 B 、 C 为常数,因各地区具体的水文及气候条件的不同而异,其具体值需根据各地实际的统计资料确定。

3 结论

(1) 海口市水利排涝与市政排水重现期之间的对应关系为:市政排水重现期 1 年对应水利排涝重现期 10 年;市政排水重现期 2 年对应水利排涝重现期 15~ 20 年;市政排水重现期 3 年对应水利排涝重现期 20~ 28 年;市政排水重现期 5 年对应水利排涝重现期 30~ 40 年;市政排水重现期 10 年对应水利排涝重现期 45~ 70 年。

(2) 海口市水利排涝与市政排水重现期之间的转换关系模型为

$$T_w = - 0.2086T_D^2 + 7.6426T_D + 2.8601 (R^2 = 1.000)$$

(3) 水利排涝重现期与市政排水重现期的转换关系模型为

$$T_w = AT_D^2 + BT_D + C$$

其中 A 、 B 、 C 为常数,其值根据各地实际的统计资料而确定。由于本研究地区的局限性和市政排水重现期样本点的有限性,对于该关系模型仍需通过其他地区 和更多的样本点进行验证。

参考文献(References):

- [1] 蔡伯宁, 石炜. 浅析小区排水与城区排涝的区别与联系[J]. 治淮, 2014(7): 7-8. (CAI Borning, SHI Wei. Analysis on the difference and relation between residential drainage and urban drainage[J]. Harnessing the Huaihe River, 2014(7): 7-8. (in Chinese))
- [2] 王永, 燕少平. 城市排水与排涝计算研究[J]. 江淮水利科技, 2006(3): 15-17. (WANG Yong, YAN Shaoping. Study on the calculation of urban drainage and drainage[J]. Jianghuai Water Resources Science and Technology, 2006(3): 15-17. (in Chinese))
- [3] 陈鑫, 邓慧萍, 马细霞. 基于SWMM的城市排涝与排水体系重现期衔接关系研究[J]. 给水排水, 2009, 35(9): 114-117. (CHEN Xin, DENG Huiping, MA Xixia. Study on connection relationship between return period of urban drainage and drainage based on SWMM[J]. Water & Wastewater Engineering, 2009, 35(9): 114-117. (in Chinese))
- [4] 刘俊, 俞芳琴, 张建涛, 等. 城市河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. (LU Jun, YU Fangqin, ZHANG Jiantao, et al. Study on relationship between design standards of pipe and river drainage[J]. China Water & Wastewater, 2007, 23(2): 43-45. (in Chinese))
- [5] 蔡剑波, 林宁, 谢振安, 等. 洪峰流量与雨水流量常用计算方法的对比选用[J]. 中国给水排水, 2011, 27(18): 25-28. (CAI Jianbo, LIN Ning, XIE Zhenan, et al. Comparative analysis of commonly used methods of flood peak flow and stormwater flow[J]. China Water & Wastewater, 2011, 27(18): 25-28. (in Chinese))
- [6] 彭才喜, 洪林, 卢良森. 基于综合单位线法的河道洪水参数推算[J]. 武汉大学学报: 工学版, 2012, 45(5): 590-593. (PENG Caixi, HONG Lin, LU Liangsen. River design flood parameter selection based on synthetic unit hydrograph[J]. Engineering Journal of Wuhan University: Engineering Journal, 2012, 45(5): 590-593. (in Chinese))
- [7] 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): 20-23. (FAN Wei, HUANG Cheng. The differences of drainage standard between urban construction department and water department[J]. Water Resources Planning and Design, 2013(5): 20-23. (in Chinese))
- [8] 高学珑. 城市排涝标准与排水标准衔接的探讨[J]. 给水排水, 2014, 40(6): 18-21. (GAO Xuelong. Discussion on connection relationship of the standard between urban drainage and drainage[J]. Water & Wastewater Engineering, 2014, 40(6): 18-21. (in Chinese))
- [9] GB 50014-2006. 上海市政工程设计研究总院. 室外排水设计规范[S]. (GB 50014-2006. Shanghai Municipal Engineering Design Institute. Code for design of outdoor wastewater engineering[S]. (in Chinese))
- [10] 广东省水文总站. 广东省暴雨径流查算图表使用手册[R]. 1991. (Guangdong Province Hydrological Station. Guangdong rainstorm runoff calculation chart manual check[R]. 1991. (in Chinese))
- [11] 樊红霞. 试论城市排水与排涝计算[J]. 科技致富向导, 2011(2): 151-152. (FAN Hongxia. Discussion on the calculation of urban drainage and drainage[J]. Guide of Sci Tech Magazine, 2011(2): 151-152. (in Chinese))
- [12] 徐梁辉, 王善道, 江沛华. 城镇区域排涝与市政排水水文计算分析[J]. 黑龙江科技信息, 2012(20): 246-246. (XU Lianghui, WANG Shandao, JIANG Peihua. Analysis on hydrological calculation between urban drainage and municipal drainage[J]. Heilongjiang Science and Technology Information, 2012(20): 246-246. (in Chinese))
- [13] 陆廷春. 南京市六合区市政排水与水利排涝设计暴雨重现期衔接关系[J]. 水利与建筑工程学报, 2012, 10(6): 191-194. (LU Tingchun. Study on connection relationship between return period of municipal drainage system and waterlogged drainage system in liuhe district of Nanjing city[J]. Journal of Water Resources and Architectural Engineering, 2012, 10(6): 191-194. (in Chinese))
- [14] 黄建文. 南昌市管道排水与河道排涝设计标准衔接研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2012. (HUANG Jianwen. Study on Design Standard Syntaxis between Pipe Drainage and River Drainage of Nanchang[D]. Nanchang: Nanchang University, 2012. (in Chinese))
- [15] 范立柱, 刘晓鹏. 广州地区水利排涝标准与市政排水重现期的关系分析[J]. 广东水利水电, 2012, 12(12): 17-19. (FAN Lizhu, LIU Xiaopeng. Analysis on the relationship between the standard of waterlogged drainage system and the return period of municipal drainage system in Guangzhou[J]. Guangdong Water Resources and Hydropower, 2012, 12(12): 17-19. (in Chinese))