

城市暴雨强度公式修订对城市排水系统影响研究

——以深圳市、成都市为例

崔婷婷^{1,2*}, 龙玉桥¹, 刘勇^{1,2}, 王磊之^{1,2}, 李伶俐^{1,2}

¹南京水利科学研究所, 江苏 南京

²水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京

Email: *ttcui@nhri.cn

收稿日期: 2021年4月26日; 录用日期: 2021年5月27日; 发布日期: 2021年6月3日

摘要

在全球气候变化与快速城镇化的背景下, 城市短历时暴雨特征已发生变化。暴雨强度公式是城市排水系统规划、设计的重要依据, 因此暴雨强度公式应能够客观反映城市降雨特征与规律。深圳市和成都市于2015年完成了暴雨强度公式的修订, 修订前后暴雨强度公式的形式保持不变, 但暴雨强度公式相应参数发生了显著的变化, 基于修订前后的暴雨强度公式计算了两个城市不同重现期暴雨强度值, 发现不同重现期下修订后暴雨强度公式计算的暴雨强度值相较于原公式存在偏小和随降雨历时从偏大到偏小的动态变化, 这种因暴雨强度公式修订产生的暴雨强度差异将对城市已建排水系统带来显著影响。

关键词

暴雨强度公式, 城市排水系统, 深圳, 成都

Study on the Impact of Urban Rainstorm Intensity Formula Revision on Urban Drainage System

—Taking Shenzhen and Chengdu for Example

Tingting Cui^{1,2*}, Yuqiao Long¹, Yong Liu^{1,2}, Leizhi Wang^{1,2}, Lingjie Li^{1,2}

¹Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing Jiangsu

²State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Jiangsu

*通讯作者。

文章引用: 崔婷婷, 龙玉桥, 刘勇, 王磊之, 李伶俐. 城市暴雨强度公式修订对城市排水系统影响研究[J]. 环境保护前沿, 2021, 11(3): 428-433. DOI: 10.12677/aep.2021.113047

Email: *ttcui@nhri.cn

Received: Apr. 26th, 2021; accepted: May 27th, 2021; published: Jun. 3rd, 2021

Abstract

Against the background of global climate change and rapid urbanization, the characteristics of short-term urban rainstorms have changed. The storm intensity formula is an important basis for the planning and design of urban drainage system, so the rainstorm intensity formula should be able to objectively reflect the characteristics and laws of urban rainfall. Shenzhen and Chengdu completed the revision of the storm intensity formula in 2015, and the form of the storm intensity formula remained unchanged before and after the revision, but the corresponding parameters of the rainstorm intensity formula changed significantly, and the storm intensity values of the two cities during the different re-enactment periods were calculated based on the rainstorm intensity formula before and after the revision. It was found that the value of rainstorm intensity calculated by the revised rainstorm intensity formula under different re-enactment periods was smaller than that of the original formula and changed dynamically from large to small with the rainfall duration, and the difference in storm intensity due to the revision of the storm intensity formula will have a significant impact on the urban built drainage system.

Keywords

Rainstorm Intensity Formula, Urban Drainage System, Shenzhen, Chengdu

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

暴雨强度公式是反映降雨规律和计算城市雨水排水设计流量的主要依据,是指导城市排水防涝系统规划、工程设计和建设的基础,对科学规划设计城市排水管网及设施、提高城市排水防涝能力、降低城市内涝风险具有指导意义[1] [2] [3] [4]。目前,我国城市雨水规划设计、建设管理所采用的暴雨强度公式大部分是上世纪 70~80 年代编制,距今已近 40 年。随着气候变化和城镇化影响,我国各城市短历时降雨规律已发生改变,原有暴雨强度公式已不能客观反映当前降雨的实际情况,基于此,我国部分城市(深圳、北京、南宁、成都、太原等城市)已重新编制了暴雨强度公式,以辅助科学规划设计城市排水管网及设施、提高城市排水防涝能力。

中国暴雨强度公式编制经过几十年的实践,理论、方法不断发展、进步,已形成从暴雨选样、频率分析到公式拟合相对完善的体系[5]。随着新一轮城市暴雨强度公式编制修订工作的开展,暴雨强度公式编制修订过程中降雨系列长度、暴雨选样方法等发生了显著变化[6]。发达国家自 20 世纪 60 年代就开始采用年最大值法、年超大值法进行暴雨强度公式选样[7],我国暴雨强度公式选样方法经历了最初的年多个样法、随后的年多个样法和年最大值法并存,到 2016 年版《室外排水设计规范》(GB 50014-2006) [8] 推荐具有 20 年以上自记雨量记录地区应采用年最大值法推求排水系统设计暴雨强度公式,不同选样方法推导的暴雨强度公式相同重现期所对应的降雨强度存在差异[9] [10] [11]。目前,新编制的暴雨公式多采

用年最大值法,同时暴雨系列长度也在原来基础上进行了延长,而城市已建排水管网、雨水调蓄池等排水设施则是按照原暴雨强度公式进行计算和设计。因此,笔者以深圳市和成都市为例,对比暴雨强度公式修订前后计算暴雨强度的差异性以及分析这种差异性对城市排水系统的潜在影响。

2. 暴雨强度公式修订

深圳市和成都市原暴雨强度公式于上世纪 70 年代编制,暴雨选样方法为年多个样法,距今已有 40 余年。受气候变化、降雨特点变化和城市发展的影响,原有的暴雨强度公式已不能准确反映深圳和成都当前的降雨规律,亟需进行修订。因此,深圳市和成都市于 2015 年完成了暴雨强度公式的修订,修订后的暴雨强度公式利用时间序列更长的最新降水资料,依据最新技术规范采用年最大值法选取暴雨样本,本文将修订前的暴雨强度公式简称为旧公式,修订后的暴雨强度公式简称为新公式。

暴雨强度公式形式如式(1)所示,修订前后深圳市和成都市暴雨强度公式参数如表 1 所示:

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

其中, q 为暴雨强度(L/s·ha); A 为雨力参数(mm); C 为雨力变动参数(无量纲); P 为重现期(a); t 为降雨历时(min); b 降雨历时修正参数(min); n 暴雨衰减指数。

由表 1 可以看出,深圳市和成都市暴雨强度公式修订前后其公式的形式保持不变,因采用的暴雨资料事件序列更长,暴雨选样方法按照最新技术规范要求采用年最大值法选样,修订后的新公式参数较旧公式参数发生了显著的变化,基于新、旧公式所计算的暴雨强度值也将发生一定变化。

Table 1. Parameter value table of new and old rainstorm intensity formula

表 1. 新旧暴雨强度公式参数取值表

城市	参数名	A	C	b	n
深圳	旧公式取值	5.838	0.745	0	0.442
	新公式取值	8.701	0.594	11.13	0.555
成都	旧公式取值	16.802	0.803	12.8	0.768
	新公式取值	44.594	0.651	27.346	$0.953(\lg P)^{-0.017}$

3. 新旧暴雨强度公式对比

基于深圳和成都市修订前后的新、旧暴雨强度公式,计算各重现期下的暴雨强度值,并比较相同重现期下新、旧暴雨强度公式计算的暴雨强度的差异,暴雨历时选择 180 min。对计算结果统计发现,深圳市基于修订后的新公式计算的暴雨强度值在各重现期下均小于旧公式计算暴雨强度值,而成都市基于修订后的新公式计算的暴雨强度值在重现期小于等于 3 a 时,各时段暴雨强度值均大于旧公式计算暴雨强度值,但当重现期大于 3 a 时,降雨历时在前 90 min,新公式计算暴雨强度值大于旧公式,降雨历时在 90 min 之后,新公式计算暴雨强度值小于旧公式。图 1 和图 2 分别给出了深圳市和成都市 $P = 3 a$ 、 $5 a$ 、 $10 a$ 、 $20 a$ 、 $50 a$ 、 $100 a$ 重现期下新、旧暴雨强度公式计算得到的暴雨强度值之间的差异。

从图 1 和图 2 可以看出,深圳市和成都市新、旧暴雨强度公式计算的暴雨强度值随着降雨历时的增加而逐渐减小,暴雨强度值差异较大的部分主要集中在降雨过程的前 20~60 分钟,之后的差异逐渐减小并趋于稳定。

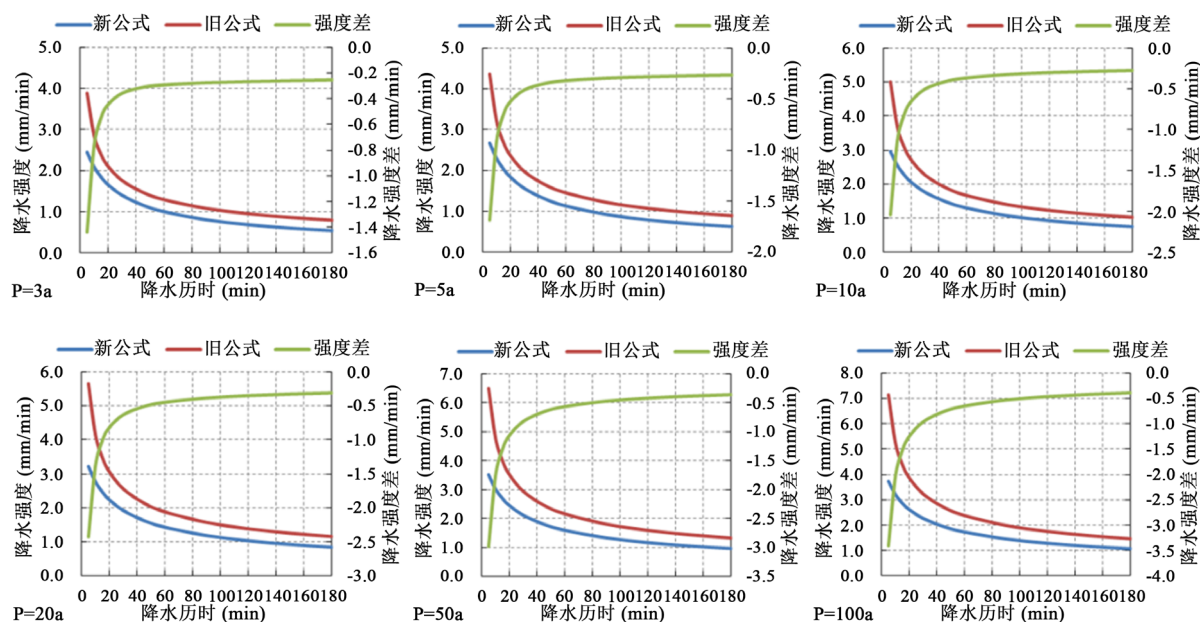


Figure 1. Comparison curve of rainstorm intensity between new and old formulas in different return periods in Shenzhen
图 1. 深圳市不同重现期下新、旧公式暴雨强度对比曲线图

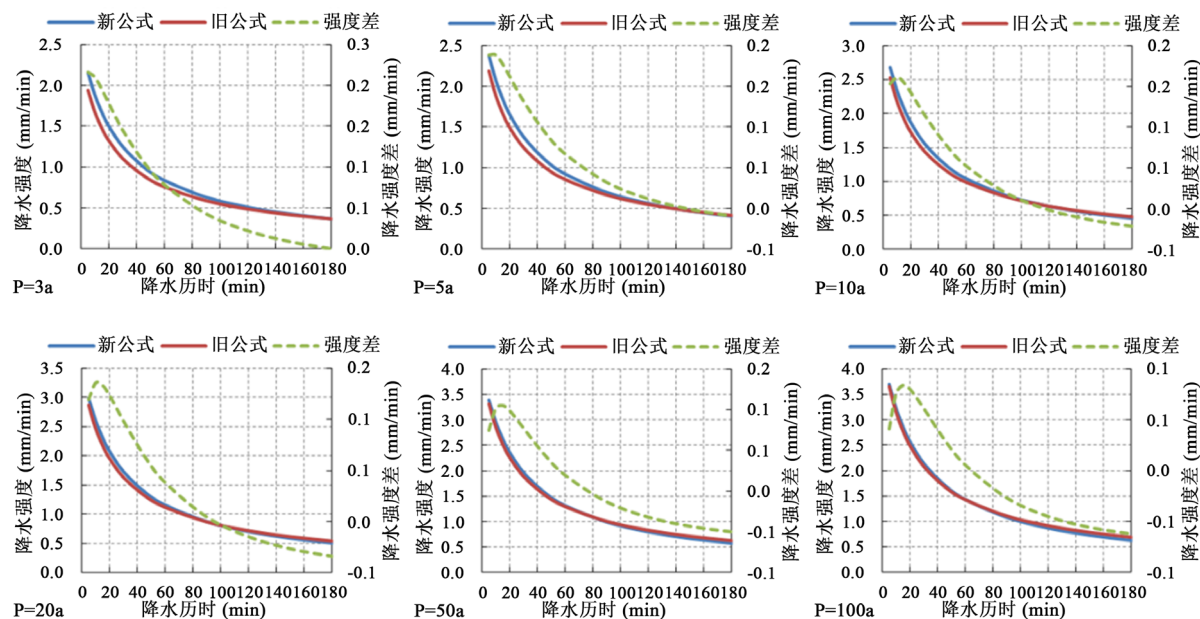


Figure 2. Comparison curve of rainstorm intensity between new and old formulas in different return periods in Chengdu
图 2. 成都市不同重现期下新、旧公式暴雨强度对比曲线图

图 3 和图 4 给出了深圳市和成都市不同重现期下，新、旧暴雨强度公式计算的暴雨强度差值随降雨历时变化情况。从图中可以看出，随着降雨历时的变化，整体上深圳和成都市新、旧暴雨强度公式计算的暴雨强度差值随降雨历时增加而呈现减小的趋势；随着暴雨重现期的变化，深圳市呈现出随着暴雨重现期的增大，新、旧暴雨强度公式计算的暴雨强度差值呈增加的趋势，即暴雨重现期越高，新、旧暴雨强度公式计算的暴雨强度差值越大，这也说明本次暴雨强度公式的修订对高重现期设计暴雨强度的影响大于低重现期的；成都市则呈相反的变化趋势，随着暴雨重现期的增大，新、旧暴雨强度公式计算的暴

雨强度差值呈减小的趋势，即暴雨重现期越低，新、旧暴雨强度公式计算的暴雨强度差值越大，说明本次暴雨强度公式的修订对成都市低重现期设计暴雨强度的影响较大。

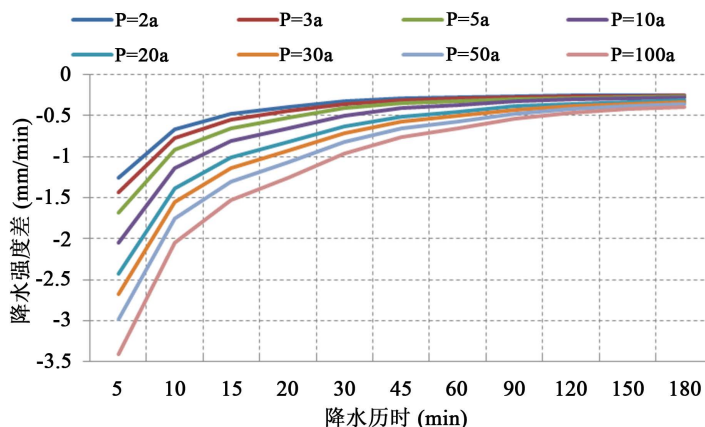


Figure 3. Variation of rainstorm intensity difference between new and old formulas in different return periods in Shenzhen
图 3. 深圳市不同重现期新、旧公式暴雨强度差变化

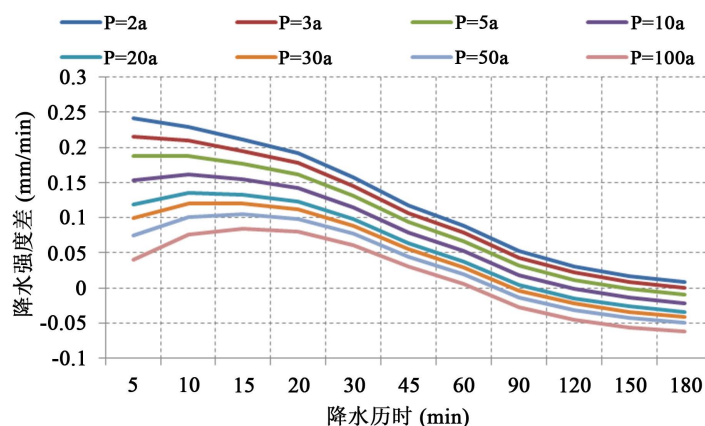


Figure 4. Variation of rainstorm intensity difference between new and old formulas in different return periods in Chengdu
图 4. 成都市不同重现期新、旧公式暴雨强度差变化

4. 暴雨强度公式修订对城市排水系统的影响

城市排水系统是指城市中排水的收集、输送、处理和利用以及排放等设施以一定方式组合成的总体。城市排水管网是城市排水系统最基础的设施，其建设标准是针对产生于城市内较小汇水面积上较短历时的雨水径流进行排除，排水管网设计主要依据暴雨强度公式计算城市设计暴雨，由设计暴雨推求设计径流，基于设计径流设计排水管网的相关参数。

由此可以看出，能够客观反映城市降雨特征与规律的暴雨强度公式是城市排水系统基础设施建设的重要前提。深圳市和成都市均于 2015 年完成了暴雨强度公式的修订。本次选择深圳和成都市修正后的暴雨强度公式与原暴雨强度公式进行对比分析，发现修订后的新暴雨强度公式计算不同重现期暴雨强度值较旧公式存在偏小、随降雨历时从偏大到偏小的动态变化。这种由于暴雨强度公式修订带来的暴雨强度值的差异，将会给城市已建排水系统带来一定的影响。

修订后的新暴雨强度公式计算的暴雨强度值大于旧公式计算的暴雨强度时，此时对于已经建立完成的城市排水管网，存在原设计排水能力按照新暴雨强度公式计算的暴雨强度，排水能力会降低，说明基

于旧暴雨强度公式计算建成的城市排水系统对城市现状暴雨特征来说是偏低的,对已建的城市排水系统是不利的影响。

修订后暴雨强度公式计算的暴雨强度值小于旧暴雨强度公式计算的暴雨强度时,此时相同重现期下旧暴雨强度公式计算的暴雨强度大于新暴雨强度公式计算暴雨强度值,说明基于旧暴雨强度公式设计的城市排水系统对城市现状暴雨特征来说是偏安全的,对现状城市排水系统是有利的。修订后暴雨强度公式计算的暴雨强度较旧公式计算的暴雨强度随降雨历时从偏大到偏小动态变化的情况,对城市已建排水系统依然存在不稳定的影响因素。

5. 结语

1) 我国城市已建排水系统设计所采用的暴雨强度公式大部分是上世纪 70~80 年代编制,在全球气候变化与快速城镇化的双重影响下,城市短历时暴雨特征发生了变化,原暴雨强度公式已不能准确反映城市暴雨特征。

2) 深圳市和成都市修订后的暴雨强度公式利用时间序列更长的最新降水资料,依据最新技术规范采用年最大值法选取暴雨样本,修订前后暴雨强度公式形式保持不变,但相应参数发生了显著变化。

3) 修订后暴雨强度公式计算暴雨强度值相较于原公式存在偏小和随降水历时从偏大到偏小的动态变化,对城市已建排水系统运行存在不稳定的影响因素。同时新、旧暴雨强度公式计算的暴雨强度值之间的差异,也将影响未来城市排水系统管网等设施设计与城市已建排水系统之间的衔接和运行。

基金项目

国家重点研发计划(2017YFC1502705, 2018YFC1508204)。

参考文献

- [1] 李龙. 宝鸡市暴雨强度公式推求与设计暴雨雨型分析[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安建筑科技大学, 2015.
- [2] 张建云, 王银堂, 刘翠善, 贺瑞敏. 中国城市洪涝及防治标准讨论[J]. 水力发电学报, 2017, 36(1): 1-6.
- [3] 张建云, 王银堂, 贺瑞敏, 等. 中国城市洪涝问题及成因分析[J]. 水科学进展, 2016, 27(4): 485-491.
- [4] 张建云, 王银堂, 刘翠善, 贺瑞敏. 中国城市洪涝及防治标准讨论[J]. 水力发电学报, 2017, 36(1): 1-6.
- [5] 刘俊, 周宏, 鲁春辉, 高成. 城市暴雨强度公式研究进展与述评[J]. 水科学进展, 2018, 29(6): 898-910.
- [6] 邓培德. 城市暴雨公式统计中若干问题[J]. 中国给水排水, 1992, 7(3): 45-48.
- [7] Falkovich, A., Lord, S. and Treadon, R. (2000) A New Methodology of Rainfall Retrievals from Indirect Measurements. *Meteorology & Atmospheric Physics*, **75**, 217-232. <https://doi.org/10.1007/s007030070005>
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 50014-2006 室外排水设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2016.
- [9] 周玉文, 翁窃瑶, 张晓昕, 等. 应用年最大值法推求城市暴雨强度公式的研究[J]. 给水排水, 2011, 37(10): 40-44.
- [10] 黄国如, 曾娇娇, 张明珠, 等. 不同选样方法设计暴雨重现期衔接关系探讨[J]. 水利与建筑工程学报, 2015, 13(1): 30-35.
- [11] 刘焕彬, 邱粲, 王荣. 不同年限降雨资料编制暴雨强度公式适用性分析[J]. 中国给水排水, 2020, 36(19): 114-120.