

文章编号:1673-8411 (2017) 03-0061-06

# 柳州市暴雨强度公式修订研究

谢东, 刘洲荣, 贾显锋

(柳州市气象局, 广西 柳州 545001)

**摘要:**根据《室外排水设计规范》(GB50014-2006, 2014版)、《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》修订柳州市区暴雨强度公式, 选定柳州国家气象站作为代表站, 采用年最大值法进行降雨数据采样, 采样年限为1995-2014年, 挑取最大降水量的时段分为5、10、15、20、30、45、60、90、120、150、180min共11个时段。采用概率型分布指数分布曲线进行拟合调整, 进行单一重现期暴雨强度公式拟合, 计算重现期区间暴雨强度公式和暴雨强度总公式。

**关键词:**柳州市; 暴雨强度公式; 修订; 研究

**中图分类号:** P49

**文献标志码:** A

## Revision of rainstorm intensity formula in Liuzhou

Xie Dong, Liu Zhou-rong, Jia Xian-feng

(Liuzhou Municipal Meteorological Service, Guangxi Liuzhou 545001)

**Abstract:** Based on specification for outdoor drainage design (GB50014-2006/2014-4), "urban rainstorm intensity formula preparation and guidelines for the rainstorm type determine technology", rainstorm intensity formula of Liuzhou was revised and select Liuzhou country weather station as representative station, the annual maximum method is adopted for rainfall data sampling, sampling period is 1995-2014, the maximum precipitation period is divided into 11 picking times, 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180 min. The probability distribution curve is adopted to fit the curve, and the formula of rainstorm intensity is fit for the single reproduction period, and the formula of rainstorm intensity and the total formula of the rainstorm intensity are calculated.

**Key words:** Liuzhou; rainstorm intensity; revision; study

## 1 前言

城市水涝灾害是目前全世界普遍关注和亟需解决的问题。高强度暴雨是造成城市内涝的重要原因之一, 而解决城市内涝的主要依据——暴雨强度公式是科学、合理地制定城市排水专业规划和排水工程设计的基础<sup>[1]</sup>。《给水排水设计手册(第5册)城镇排水》上所列的两套柳州市暴雨强度公式分布编制于1973年和1975年, 建立在系列年限较短、代表性

较差的资料基础之上<sup>[2]</sup>。而近几十年来, 柳州市暴雨日数年代变化大, 暴雨日数大体呈上升趋势, 特别是1990年代以后暴雨日数增长趋势明显, 柳州区域短历时强降水的强度和分布特征均发生显著变化<sup>[3-7]</sup>。传统公式在准确性、适用性等方面存在不足, 研究制定新型的暴雨强度公式, 指导柳州市的暴雨强度设计具有较强的实际意义。因此, 本文根据《室外排水设计规范》(GB50014-2006, 2014版)、《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》修订

收稿日期: 2016-12-15

基金项目: 柳州市2015年城乡社区事务(城市建设—规划编制及项目前期)项目

作者简介: 谢东(1969-), 男, 硕士研究生, 高级工程师, 现主要从事应用气象研究和气候论证工作。

柳州市区暴雨强度公式,采用概率型分布指数分布曲线进行拟合调整,进行单一重现期暴雨强度公式拟合,计算重现期区间暴雨强度公式和暴雨强度总公式,以期作为柳州市城市规划的暴雨强度设计提供依据。

## 2 资料与技术方法

### 2.1 气象资料的统计

降水气象资料的统计和分析计算根据中国气象局颁发的《地面气象观测规范》和《全国地面气候资料统计方法》进行:

挑取最大降水量的时段分为 5、10、15、20、30、45、60、90、120、150、180min 共 11 个时段。从全年的降水自记纸或每分钟降水量数据文件中,挑取本年内以上 11 个时段最大降水量及相应开始时间;各时段年最大降水量及相应开始时间,只有当 1440 min 降水量  $\geq 10.0\text{mm}$  时才挑取;各时段最大降水量从年内各月降水量自记纸或每分钟降水量数据滑动挑取,且不受日、月界的限制(但不跨年挑取);各时段年最大降水量出现两次或以上相同时,开始时间栏记出现次数。

### 2.2 暴雨强度公式编制方法

根据《室外排水设计规范》(GB50014-2006,2014 版)和《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》修订柳州市暴雨强度公式,采用年最大值法进行降雨数据采样,根据《室外排水设计规范》(GB50014-2006,2014 版)附录 A“暴雨强度公式的编制方法”进行计算及编制。暴雨强度计算式如下:

$$q = \frac{167A_1(1+C_1gP)}{(t+b)^n} \quad (1)$$

其中,  $q$  为暴雨强度 ( $\text{L/s} \cdot \text{hm}^2$ ),  $t$  为降雨历时 (min), 而  $A_1$ 、 $b$ 、 $C$ 、 $n$  是与地方暴雨特性有关且需求解的参数:  $A_1$  雨力参数,即重现期为 1a 时的 1min 设计降雨量(单位: mm);  $C$  为雨力变动参数;  $b$  为降雨历时修正参数(单位: min);  $n$  为暴雨衰减指数,与重现期有关<sup>[8]</sup>。

### 2.3 站点选择及资料选取

柳州国家气象站目前是柳州市主城区唯一的国家气象站,具有 30a 以上的自记降水雨量资料,自 1963 年以来没有进行过迁站,资料的一致性较好,符合《室外排水设计规范》(GB50014-2006,2014 版)和《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定

技术导则》的站点选择原则。因此选定柳州国家气象站作为代表站<sup>[9]</sup>。

## 3 暴雨强度公式推算

### 3.1 暴雨强度公式推算原理及其步骤

#### (1) 建立统计样本

根据本文 2.1 节的方法建立统计样本。

#### (2) 求算各重现期暴雨强度理论值

由于设计采用的重现期 (100a 一遇) 大于资料年限,故需用概率型分布对以上数据进行拟合调整,项目分别采用皮尔逊-Ⅲ型分布曲线、指数分布曲线、耿贝尔分布曲线进行拟合调整<sup>[10]</sup>。结果如下:本文中指数分布曲线优于其他理论频率曲线,绝对均方误差为 0.043 (mm/min),相对均方误差为 2.64%。因此本文选用指数分布曲线拟合调整的方法,具体的做法是:暴雨强度公式的拟合,其频率分布呈偏态分布,用指数分布公式:

$$X = a \times \lg T_e + b \quad (2)$$

式中:  $X$  表示一定历时的降雨强度;  $a$  表示离散程度的参数;  $b$  表示分布曲线的下线;  $T_e$  表示重现期。计算出不同重现期的暴雨强度。

#### (3) 单一重现期暴雨强度公式拟合

对式(1)进行线性化处理,得出:

$$q = \frac{167A}{(t+b)^n} \quad (3)$$

式(3)即为单一重现期公式,首先推算 2、3、5、10、20、30、50 和 100a 一遇 8 个重现期暴雨强度公式的需求参数  $A$ 、 $b$ 、 $n$ ,通过式(3)分别把 8 个重现期的单一暴雨强度公式推求出来<sup>[11]</sup>。具体参见表 1。

#### (4) 区间参数公式拟合

$$y = b_1 + b_2 \ln(P+C) \quad (4)$$

应用式(4)作为区间参数公式来求算区间参数值(式(4)中,  $y$  为  $A$ 、 $b$ 、 $n$  参数中的任一个,  $P$  为重现期,  $C$  为常数)。首先把 2~100a 分为 (I): 2~10a 和 (II): 10~100a 两个区间,将  $A$ 、 $b$ 、 $n$  代入(4)式得:

$$A = A_1 + A_2 \ln(P+C_A)$$

$$b = b_1 + b_2 \ln(P+C_b)$$

$$n = n_1 + n_2 \ln(P+C_n)$$

上面三式中  $A$ 、 $b$ 、 $n$  和  $P$  是已知数,  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $C_A$ 、 $b_1$ 、 $b_2$ 、 $C_b$  及  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $C_n$  都是未知数。根据上面求得单一重现期  $P$  下的  $A$ 、 $b$ 、 $n$  值,同理,利用数值逼近法和最小二乘法,可解得未知数  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $C_A$ 、 $b_1$ 、 $b_2$ 、 $C_b$  和  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $C_n$ ,从而可算得 I、II 两个区间的  $A$ 、 $b$ 、

表 1 柳州市区单一重现期暴雨强度公式

重现期 P (年)	公 式
P = 2	$2930.85 / (t + 11.349)^{0.694}$
P = 3	$3038.064 / (t + 10.742)^{0.680}$
P = 5	$3170.829 / (t + 10.016)^{0.665}$
P = 10	$3393.607 / (t + 9.362)^{0.650}$
P = 20	$3681.515 / (t + 8.868)^{0.638}$
P = 30	$3846.511 / (t + 8.696)^{0.633}$
P = 50	$4052.088 / (t + 8.512)^{0.629}$
P = 100	$4328.974 / (t + 8.288)^{0.623}$

n 值,将它们代入式(1),可得 2~100a 之间的任意一个重现期暴雨强度公式,从而可计算任意重现期的暴雨强度<sup>[12]</sup>。结果如表 2。

(5)总公式的推算

根据 (1) 式  $q = \frac{167A_1(1+C_1\lg P)}{(t+b)^n}$  将其两边取对

数,应用数值逼近法和最小二乘法解二元线性回归方程,从而可求得  $A_1$ 、 $n$ <sup>[13]</sup>。

推算出暴雨强度总公式为:

$$q = \frac{1929.943(1+0.776\lg P)}{(t+9.507)^{0.652}} \tag{5}$$

3.2 暴雨强度公式精度检验

计算重现期 2~20a 暴雨强度的平均绝对均方误差和平均相对均方误差:

平均绝对均方误差: 
$$X_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{R'_i - R_i}{t_i} \right)^2} \tag{6}$$

平均相对均方误差: 
$$U_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{R'_i - R_i}{R_i} \right)^2} \times$$

100% (7)

式(6)和式(7)中,为理论降水量, $R'$ 为 P-i-t 曲线确定的降水量,t 为降水历时,n 为样本数。

表 2 柳州市区重现期区间暴雨强度公式

重现期 P (a)	区间	参数	公 式
2—10	I	n	$0.700 - 0.024\ln(P - 0.706)$
		b	$12.032 - 1.305\ln(P - 0.312)$
		A	$16.595 + 1.508\ln(P - 0.116)$
		n	$0.655 - 0.007\ln(P - 7.842)$
10—100	II	b	$9.582 - 0.286\ln(P - 7.842)$
		A	$15.028 + 2.369\ln(P - 0.660)$

经用以上方法检验,利用暴雨强度区间公式算得的重现期 2~20a 暴雨强度平均绝对方差为 0.043 (mm/min);相对均方误差为 2.64%;利用暴雨强度总公式算得的重现期 2~20a 暴雨强度平均绝对方差为 0.054 (mm/min);相对均方误差为 2.52%,符合《室外排水设计规范》(GB50014-2006,2014 版)的要求(计算重现期在 2~20a 时,在一般降雨强度的地方,平均绝对均方差不宜大于 0.05mm/min;在较大降雨强度的地方,平均相对均方差不宜大于 5%)。(柳州市属于降雨强度较大的地区)。从两种公式计算精度看,暴雨强度区间公式优于暴雨强度总公式,因此推荐使用暴雨强度区间公式。

经利用“暴雨强度计算系统”进行检验,证明以上计算结果准确可靠、误差小。暴雨强度计算系统由中国气象局公共气象服务中心和广东省气候中心联合开发,该系统已通过中国气象局技术验收,可直接进行资料处理、暴雨强度公式拟合、结果输出和精度检验等<sup>[14]</sup>。

4 暴雨强度公式应用检验

2015 年 11 月,本文研究成果“柳州市暴雨强度公式”通过专家评审并获柳州市人民政府批准颁布实施。2016 年 6 月 13-14 日,柳州市发生强降水天气过程,24h 降水量达 260mm,部分旧城区地段(排水设计采用旧暴雨强度公式)发生内涝,河西片区的金河湾小区内涝尤其严重,地下车库进水淹没,车库里的汽车全部被淹。而与金河湾小区海拔高度相同、与其一马路之隔的柳州市第四人民医院新建院区却安然无恙,该建设项目的排水设计采用了以上新编的暴雨强度公式。可见,新编暴雨强度公式的计算结果相比原公式更能准确地反映柳州市的降雨特征,能更好地指导柳州市建设项目的排水设计工作。

5 结论及建议

(1) 暴雨强度公式推求依据《室外排水设计规范》(GB50014-2006,2014 年版)和《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》推荐的方法进行编制和计算,计算过程规范,计算结果误差满足规范要求。

(2) 采用年最大值法采样,更适合以年为重现期的周期性水文气象规律的表达,还可使统计样本的随机性、独立性较好,方法科学可靠。

- 东气象, 2010, 32 (1): 59-60.
- [11] 程爱珍, 何秋香, 黄理, 等. 气象要素对草面温度的影响分析及其质量控制方法 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (1): 70-72.
- [12] 李静锋, 赵艳玲, 高筱英, 等. 城市草面温度变化规律的初步分析 [J]. 广西农学报, 2010, 25 (2): 24-28.
- [13] 罗获, 戴腾祥. 地温场土壤疏松与否对地温的影响 [J], 气象, 2003, 29 (4): 封二; 封三.
- [14] 马祖胜, 李汉彬, 徐明唐. 地面最高温度人工与遥测数据差异的原因 [J]. 广东气象, 2007, 29 (2): 60-61.
- [15] 陈玲, 张劲梅, 李秀艳. 东莞市草温与地温、气温的差异 [J], 广东气象, 2010, 32 (5): 56-57.
- [16] 张礼春, 朱彬, 牛生杰, 等. 南京市冬季市区和郊区晴天大气边界层结构对比分析 [J]. 南京信息工程大学学报 (自然科学版), 2009, 1 (4): 329-337.
- [17] 罗获, 邱光敏, 邓冬梅, 等. 一次中等相对湿度结露的成因分析 [J]. 广东气象, 2016, 38 (4): 34-36.
- [18] 张玫, 梁振国. 一次霜降现象的地面气象要素分析 [J], 广东气象, 2009, 31 (6): 63-64.
- [19] 张亚哲, 高业新, 冯欣. 华北平原中部草面温度变化特征 [J], 气象研究与应用, 2012, 33 (4): 51-53.
- [20] 陈凤娟, 黄琳, 邓吴生. 北海市草面温度与地面温度的相关分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (3): 58-63.
- [21] 何鹏, 陈明艳, 戴平凤. 灵山县冬季气温空间分布特点的初步分析 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (2): 43-45.

(上接第 63 页)

(3) 以柳州国家气象站雨量资料为样本编制的暴雨强度公式可在柳州市区范围使用。

#### 参考文献:

- [1] 覃卫坚, 李耀先, 廖雪萍, 等. 大气低频振荡对广西持续性区域性暴雨的可能影响 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36 (3): 1-7.
- [2] 《给水排水设计手册 (第 5 册) 城镇排水》 [J]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [3] 覃卫坚, 李耀先, 覃志年. 广西暴雨的区域性和连续性研究 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (4): 1-4.
- [4] 黄丽康, 韦彩色, 赵玉红. 合浦县暴雨气候特征及成因分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (4): 32-34, 9.
- [5] 黄翠银, 陈剑飞. 2011 年 10 月一次广西区域性暴雨特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (4): 22-26.
- [6] 覃卫坚, 李耀先, 廖雪萍. 广西热带气旋的暴雨统计分析 & 数值模拟 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (1): 1-6.
- [7] 覃卫坚, 李耀先, 廖雪萍. MJO 活动对广西 6 月阶段性降水的影响研究 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36 (1): 25-30.
- [8] 上海市建设和交通委员会. 室外排水设计规范 (GB50014-2006, 2014 年版) [S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
- [9] 国家住建部、中国气象局. 城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则 [S]. 2014.
- [10] 金家明. 城市暴雨强度公式编制及应用方法 [J]. 中国市政工程, 2010, (1): 38-39.
- [11] 陈正洪, 王海军, 张小丽, 等. 水文学中雨强公式参数求解的一种最优化方法 [J]. 应用气象学报, 2007, 18 (2): 237-241.
- [12] 邱兆富, 周琪, 张智, 等. 暴雨强度公式推求方法探讨 [J]. 城市道桥与防洪, 2004 (1): 47-49.
- [13] 顾俊强, 陈海燕, 徐集云. 瑞安市暴雨强度概率分布公式参数估计研究 [J]. 应用气象学报, 2000, 11 (3): 355-363.
- [14] 植石群, 宋丽莉, 罗金铃, 等. 暴雨强度计算系统及其应用 [J]. 气象, 2000, 26 (6): 30-32.