

文章编号:1673-8411(2018)03-0072-04

# 基于芝加哥法的柳州市设计暴雨雨型研究

谢东, 苏小玲, 刘蕾, 梁春荣, 刘洲荣, 李煜, 蓝求, 任乐  
(柳州市气象局, 广西 柳州 545001)

**摘要:**利用柳州国家气象观测站1975~2014年共40a的逐分钟降雨过程资料,采用芝加哥法分析研究柳州市区设计暴雨雨型。结果表明:各重现期下柳州相同降雨历时设计暴雨雨型的形态一致,各短历时雨型大体呈单峰型;各短历时设计暴雨雨型雨峰位置基本处于整场降雨过程的1/3分位,降雨强度随着重现期的延长而增大;相同重现期下雨峰处降雨强度值随历时的增加呈现“减小—增大—减小”的波动趋势且历时120min的雨峰峰值最大。

**关键词:**柳州市;设计暴雨雨型;芝加哥法

**中图分类号:**P458.1+21.1

**文献标识码:**A

## Study on rainstorm type design of Liuzhou based on Chicago Method

Xie Dong, Su Xiaoling, Liu Lei, Liang Chunrong, Liu Zhou rong  
Li Yu, Lan Qiu, Ren Le  
(Liuzhou Meteorological Bureau, Liuzhou Guangxi 545001)

**Abstract:** The design of rainstorm type is the basis of scientific and rational planning and design of urban drainage system, which can provide scientific theoretical basis and accurate design parameters for municipal construction, water, and planning departments. In this paper, the rainfall process data of 40a (1975~2014) from Liuzhou national meteorological observation station were selected and Chicago Method was used to analyze the design of rainstorm type in Liuzhou. The rainfall patterns of 30, 60, 90, 120, 150, and 180min were obtained. The results show that the same rainfall duration of Liuzhou in each recurrence period is consistent with the design of rainstorm patterns. The short duration rainfall patterns are generally unimodal and almost 1/3 of the whole rainfall process. In addition, the intensity of rainfall increases with the extension of the recurrence period. The rainfall intensity value of the rain peak in the same reproducing period showed a “decrease-increase-decrease” change as the duration increased, and the max peak value appeared at the duration of 120min.

**Keywords:** Liuzhou; design rainstorm patterns; Chicago Method

## 1 前言

近年来,受全球气候变化影响,极端降水事件频发,诸多城市频繁出现了严重的暴雨内涝灾害。引起城市雨涝灾害的原因是多方面的,其中一个重要方面是雨水排水的设计标准问题,而城市暴雨强度公式和设计暴雨雨型是排水设计标准的一个重要方面,是科学、合理地规划设计城市排水系统的基础,能够给市政建设、水务及规划部门提供科学的理论

依据和准确的设计参数<sup>[1-2]</sup>。柳州市属中亚热带季风气候,气候温暖、多雨,历史上多洪涝灾害<sup>[3-9]</sup>,防洪排涝工作尤其重要。本文以最新柳州市区暴雨强度公式为基础,采用芝加哥法分析研究柳州市设计暴雨雨型。

## 2 资料和方法

### 2.1 基本概念

暴雨雨型是指不同降雨历时内的暴雨强度随时

收稿日期:2018-04-10

基金项目:2016年柳州市气象局自立科研项目及2017年柳州市科学研究与技术开发计划课题

作者简介:谢东(1969-),男,工程硕士,高级工程师,现主要从事气象服务与应用气象工作。

间变化的特征,以不同降雨历时的降雨过程线型表达。

## 2.2 降雨资料

本文降雨原始资料采用柳州国家气象观测站1975~2014年共40a的逐分钟降雨过程资料。本次降雨资料满足可靠性、一致性和代表性的要求。

## 2.3 选样方法

根据《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》中的推荐,本文采用年最大值法选取短历时暴雨雨型分析降雨样本。选取降雨资料样本中各降雨历时雨量的逐年最大值的降雨场次,记录选定降雨场次过程开始时间及逐分钟降雨量,作为芝加哥法雨型统计的有效暴雨资料样本。

## 2.4 暴雨雨型推求方法和原理

根据《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》中的推荐,本文采用芝加哥雨型分析法来分别推求柳州市区重现期2、3、5、10、20、30、50、100a历时30、60、90、120、150和180min间隔5min的短历时设计暴雨雨型。

芝加哥法雨型确定包括综合雨峰位置系数确定及芝加哥降雨过程线模型确定,具体流程如图1。

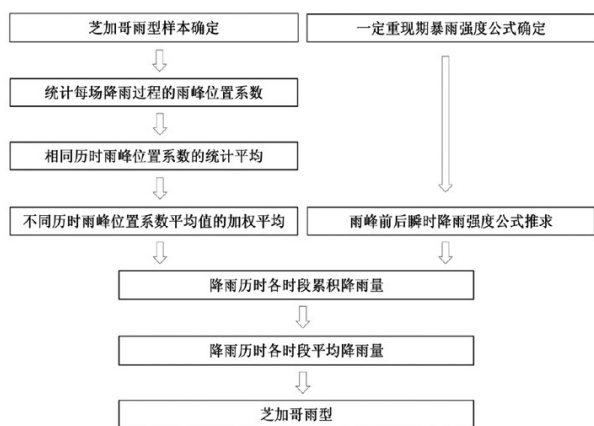


图1 流程图

芝加哥法雨型以统计的暴雨强度公式为基础设计典型降雨过程。通过引入雨峰位置系数 $r$ 来描述暴雨峰值发生的时刻,将降雨历时时间序列分为峰前和峰后两个部分。令峰前的瞬时强度为 $i_{tb}$ ,相应的历时为 $t_b$ ,峰后的瞬时强度为 $i_{ta}$ ,相应历时为 $t_a$ 。取一定重现期下暴雨强度公式形式为: $i = \frac{A}{(t+b)^2}$ ,雨峰前后瞬时降雨强度可由下式计算:

$$i(t_b) = \frac{A \left[ \frac{(1-n)t_b}{r} + b \right]}{\left[ \left( \frac{t_b}{r} \right) + b \right]^{n+1}} \quad (1)$$

$$i(t_a) = \frac{A \left[ \frac{(1-n)t_a}{1-r} + b \right]}{\left[ \left( \frac{t_a}{1-r} \right) + b \right]^{n+1}} \quad (2)$$

式(1)、(2)中, $A$ 、 $b$ 、 $n$ 为一定重现期下暴雨强度公式中的参数, $r$ 为综合雨峰位置系数,是根据每场降雨不同历时峰值时刻与整个历时的比值而加权平均确定的, $r$ 位于0~1之间。在求出综合雨峰位置系数 $r$ 之后,可利用公式(1)、(2)计算芝加哥合成暴雨过程线各时段(以5min计)的累积降雨量及各时段的平均降雨量,进而得到每个时段内的平均降雨强度,最终确定出对应一定重现期及降雨历时的芝加哥法雨型<sup>[10-11]</sup>。

## 3 主要研究结果

### 3.1 短历时暴雨雨型分析降雨样本确定

统计柳州1975~2014年共40a降雨资料样本中各降雨历时雨量的逐年最大值的降雨场次,将30、60、90、120、150、180min的最大降雨过程样本,以5min为间隔进行分段,统计降雨过程的降雨量、5min雨量、峰形和雨峰系数。

经分析统计,柳州1975~2014年逐年各历时最大降雨过程中单峰降雨次数占50%~82.5%降雨峰值在降雨过程前、中部的场次占77.5%~95%。可见,单峰雨型所占比例最大,双峰雨型所占比例较小,其中历时30min尤为显著,比例达到82.5%。说明在短历时的最大降雨过程样本中,大部分降雨场次为单峰型降雨,雨峰位于整场降雨过程的前、中部。

### 3.2 芝加哥法推求设计短历时暴雨雨型

《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》所推荐的芝加哥法是已假定短历时雨型为单峰型而后根据综合雨峰位置系数和暴雨强度公式来确定最终形态。根据这一条件,本文将使用芝加哥法来推求柳州市区各重现期短历时的设计暴雨雨型。

#### 3.2.1 综合雨峰位置系数确定

经以上的统计分析,得出各短历时降雨过程的雨峰位置系数,根据各历时的雨峰位置系数按照各历时的长度进行加权平均,求出综合雨峰位置系数

r ,具体信息如表1。

表1 综合雨峰位置系数r

降雨历时/mm	各降雨历时 雨峰位置系数	综合雨峰 位置系数r
30	0.57	0.37
60	0.44	
90	0.35	
120	0.31	
150	0.37	
180	0.37	

3.2.2 雨型分配结果

以柳州市暴雨强度公式<sup>[12-15]</sup>为基础,根据本文2.4节所介绍的芝加哥法原理,通过积分计算芝加哥合成暴雨过程线各时段(以5min计)的累计降雨量及各时段的平均降雨量,进而得到每个时段内的平均降雨强度,最终确定出重现期2、3、5、10、20、30、50、100a 历时30、60、90、120、150、180min 的芝加哥法雨型。柳州市区重现期2a 短历时5min 间隔的设计暴雨雨型分布图如图1。

从利用芝加哥法针推求柳州市区重现期2a 短历时5min 间隔的设计暴雨雨型分布图(见图2)可以发现,历时30~180min 的峰值分别发生在第2、5、7、9、11、13时段,雨峰处降雨强度值随历时的增加呈现“减小—增大—减小”的波动趋势,其中雨峰最大峰值出现在历时120min 的雨峰时段。总观通过芝加哥法推求的柳州市区各重现期短历时的峰值、雨峰

时段(见表2),相同重现期下雨峰处降雨强度值随历时的变化与2a 重现期一致,其中各重现期历时120min 雨峰所处第9时段降雨强度分别为2.91、3.23、3.64、4.19、4.81、5.14、5.53、6.07mm/min。经分析对比,可以得出通过芝加哥法推求的柳州市区重现期3、5、10、20、30、50、100a 短历时设计暴雨雨型与重现期2a 的形态一致,且各历时设计暴雨雨型雨峰位置基本处于整场降雨过程的1/3分位,但是各历时的降雨强度随着重现期的延长而增大<sup>[16]</sup>。

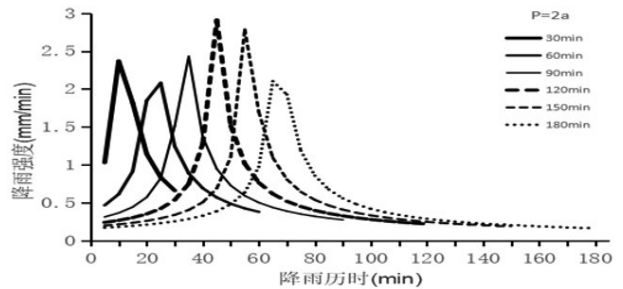


图2 芝加哥法推求柳州市区重现期2a 短历时5min 间隔的设计暴雨雨型分布图

4 结论

本文采用芝加哥法推求柳州市区短历时设计暴雨雨型,为今后柳州市城市排水防洪规划、建立城市防洪排涝标准提供技术支撑。主要结论有:

各重现期下相同降雨历时设计暴雨雨型的形态

表2 芝加哥法推求柳州市区各重现期短历时(min)的峰值(mm)、雨峰时段(时段长:5min)

重现期		2a						3a					
降雨历时	30	60	90	120	150	180	30	60	90	120	150	180	
峰值	2.37	2.08	2.43	2.91	2.79	2.10	2.61	2.29	2.68	3.23	3.09	2.31	
雨峰时段	2	5	7	9	11	13	2	5	7	9	11	13	
重现期		5a						10a					
降雨历时	30	60	90	120	150	180	30	60	90	120	150	180	
峰值	2.93	2.56	3.01	3.64	3.47	2.58	3.35	2.92	3.44	4.19	3.99	2.95	
雨峰时段	2	5	7	9	11	13	2	5	7	9	11	13	
重现期		20a						30a					
降雨历时	30	60	90	120	150	180	30	60	90	120	150	180	
峰值	3.83	3.33	3.94	4.81	4.58	3.36	4.08	3.55	4.20	5.14	4.89	3.58	
雨峰时段	2	5	7	9	11	13	2	5	7	9	11	13	
重现期		50a						100a					
降雨历时	30	60	90	120	150	180	30	60	90	120	150	180	
峰值	4.37	3.80	4.50	5.53	5.26	3.84	4.79	4.16	4.93	6.07	5.77	4.20	
雨峰时段	2	5	7	9	11	13	2	5	7	9	11	13	

一致,各短历时雨型大体呈单峰型;各短历时设计暴雨雨型雨峰位置基本处于整场降雨过程的1/3分位,降雨强度随着重现期的延长而增大;相同重现期下雨峰处降雨强度值随历时的增加呈现“减小—增大—减小”的波动趋势且历时120min的雨峰峰值最大。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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+102.
- [3] 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.
- [4] 《给水排水设计手册(第5册)城镇排水》[M].北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [5] 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.
- [6] 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):32-34,94.
- [7] 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.

- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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+41+7.
- [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):30-33.
- [15] 谢东,刘洲荣,贾显锋.柳州市暴雨强度公式修订研究[J].气象研究与应用,2017,38(3):61-63,72.
- [16] 蒋明.新暴雨形势下上海市设计暴雨雨型研究[J].湖南理工学院学报(自然科学版),2015,28(2):69-80.

(上接第43页)

2000年、2003年、2011年、2013年,这与雷暴的年际变化中冬季雷暴最少的统计相吻合。

### 3 结论

经过分析富川县49a来雷暴变化特征,结果表明:富川县雷暴变化呈显著减少趋势,特别是80年代末期以后,减少更加显著。春、夏、秋、冬各季雷暴变化为:春、夏、秋季均呈减少趋势,减少最显著的是夏季,冬季稍微有点增加,但不明显,可认为冬季趋于平稳变化。各季节雷暴年际变化为:60年代后期到80年代春季雷暴较活跃,2000年代开始,春季雷暴呈明显下降趋势;70年代夏季和秋季的雷暴最活跃,80年代开始呈明显下降趋势;各年代的冬季雷

暴活动偏少,其线性趋势变化平稳。

#### 参考文献:

- [1] 余东,赖三钊,陈丹,等.平果县城区雷暴日数变化特征分析[J].气象研究与应用,2015,36(3):107-109.
- [2] 裴开程,罗浩然,覃萍,等.防城港市雷暴天气气候特征分析[J].气象研究与应用,2016,37(S1):89-90.
- [3] 吴兴高,陈国弟.东兴雷暴气候特征[J].气象研究与应用,2009,30(2):51-52.
- [4] 黄芳.近60年南宁市雷暴日数特征分析[J].气象研究与应用,2011,32(4):63-67.
- [5] 陈秋壮,吴名杰.海南省雷暴日数年代际变化特征[J].气象研究与应用,2016,37(4):106-108.