

概化的累计暴雨量百分数法在太湖区域 设计暴雨雨型研究的应用

纪小敏¹, 杨 娜², 陈 霞³, 曹 帅¹, 鲍庆煜⁴, 林炳章²

(1. 江苏省水文水资源勘测局, 江苏 南京 210029; 2. 南京信息工程大学, 江苏 南京 210004;
3. 江苏省水土保持生态环境监测总站, 江苏 南京 210000; 4. 江苏省水文水资源勘测局南京分局, 江苏 南京 210008)

摘要:目前,太湖区域常用的设计暴雨雨型是江苏省水文总站1984年刊布的《江苏省暴雨洪水图集》(以下简称“84图集”),该雨型已沿用30余年。由于气候变化,城镇化、工业化的快速发展,“84图集”雨型已经不能适应现阶段的设计需求。为摸索出一套适用于太湖区域的雨型分析方法,并和“84图集”雨型对比,根据江苏省水文局提供的位于太湖区域1956—1987年间的20场暴雨资料,采用概化的累计暴雨量百分数法分析该区域设计暴雨雨型。结果显示:概化方法得出的暴雨雨型形态与“84图集”雨型在雨峰位置上是基本一致的,由于不是只考虑极端情况,雨峰占比低于“84图集”,但概化雨型更能如实反映出实际暴雨的时程分布特征,且雨型形态更为合理。

关键词:日雨型;概化累积暴雨百分数;设计暴雨;太湖区域

中图分类号:TV122+.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1007-7839(2020)09-0029-04

Application of generalized cumulative rainstorm percentage method in research of rainstorm design pattern in Taihu Lake area

JI Xiaomin¹, YANG Na², CHEN Xia³, CAO Shuai¹, BAO Qingyu⁴, LIN Bingzhang²

(1. Jiangsu Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Nanjing 210029, China;

2. Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210004, China;

3. Jiangsu Soil and Water Conservation Eco-environmental Monitoring Station, Nanjing 210000, China;

4. Nanjing Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210008, China)

Abstract: At present, the commonly used design rainstorm pattern in Taihu Lake area is the "Atlas of Heavy Rain and Flood in Jiangsu Province" (hereinafter referred to as "Atlas 84") published by the Jiangsu Hydrological Station in 1984, which has been used for more than 30 years. Because of climate change, urbanization and industrialization, the rain pattern of the "Atlas 84" cannot adapt to the current design requirements. In order to find out a set of rainfall pattern analysis method suitable for the Tai Lake area and compare with "Atlas 84", the generalized accumulated rainstorm percentage method was used to analyze the design rainstorm pattern in this area based on 20 heavy rainfall events in the Tai Lake area from 1956 to 1987 provided by Jiangsu Hydrology and Water Resources Survey Bureau. The results showed that the rainstorm pattern obtained by generalizing method was basically consistent with the rain pattern of the "Atlas 84" in the rain peak position. Since extreme conditions were not only considered, the proportion of rain peaks was lower than that of the "Atlas 84", but the generalized rain pattern could

收稿日期:2020-04-07

基金项目:江苏省水利科技项目(2018020)

作者简介:纪小敏(1981—),女,高级工程师,硕士,研究方向为水文水资源。E-mail: 185109728@qq.com

more truthfully reflect temporal distribution characteristics of the actual rainstorm, and the rain pattern was more reasonable.

Key words: distribution of daily rainfall; generalized cumulative rainstorm percentage; design rainstorm; Tai Lake area

1 概 述

暴雨是造成我国绝大部分地区洪涝灾害的重要原因,频繁发生的极端暴雨洪水施加于高度密集的人口和资产,使得城市洪涝灾害损失增加,对城市发展构成严重威胁^[1]。设计暴雨的时程分布,又称雨型,是城市雨水排水管网系统规划设计的基本依据之一。设计暴雨雨型确定的准确与否将直接影响到城市防洪的安全可靠性和排水工程的投资预算^[2]。

国内外常用的设计暴雨雨型有均匀雨型、Keifer & Chu 雨型、SCS 雨型、Huff 雨型、Pilgrim & Cordery 雨型、Yen 和 Chow 雨型(三角形雨型)、同频率分析方法等^[3]。在小流域设计洪水计算的推理公式中,常采用均匀雨型,但发现雨型过程与绝大多数实际降雨并不相符^[4]。在 20 世纪 40 年代曾提出了一种不均匀的设计雨型,也称芝加哥雨型;以及后来的 huff, Pilgrim 和 Cordery, Yen 和 Chow 等都提出各自的设计暴雨雨型,较好地考虑到了雨型的极端情况,但对数据序列长度要求较高,且更适用于短历时暴雨雨型^[5]。而在国内,邓培德、王敏等也提出适应某个城市的设计暴雨雨型^[6]。但各种雨型之间差异较大,因此,目前还没有一种公认的雨型作为设计的依据^[7]。本研究将根据江苏省水文局提供的位于太湖区域的 1956—1987 年间的 20 场暴雨资料,摸索出一套适用于江苏省的雨型分析方法,以对江苏省水文总站 1984 年刊布的《江苏省暴雨洪水图集》雨型中的太湖流域雨型进行改进。

2 研究方法

针对太湖区域暴雨样本的实际情况和日暴雨过程雨型设计要求,本研究采用概化的累计暴雨量百分数法研究江苏省设计暴雨雨型。该方法对选择出的每场暴雨在时间轴和量级轴上同时进行概化,将同一雨型下不同历时的暴雨累积过程图绘制于同一坐标轴上。具体做法为

对于任意降雨场次, P 代表该降雨场次降雨总量, T 表示该类型降雨的统一历时,以小时为单位。首先,对暴雨发生时间进行概化,如 24 h 雨型无论

暴雨样本历时长短均概化为总长度为 1 的时间尺度,计算各累积时段占总降雨历时的百分比,停雨时段也计算在内。其次,对降雨量进行概化,逐时段计算累积降雨量占总降雨量的百分比,停雨时段降雨量记为 0。则一场暴雨第 i 个时段的时间概化值和雨量概化值分别为

时间概化:

$$x_m = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{T} \times 100\% \quad (1)$$

累积降雨量概化:

$$y_m = \frac{\sum_{i=1}^m p_i}{P} \times 100\% \quad (2)$$

式中, x_m 表示累积时间百分比, y_m 表示累积雨量百分比, m 表示总时段。

将概化后各场暴雨样本的累计暴雨量百分比过程线绘制在同一个坐标系内,得到各暴雨场次累积降雨过程综合曲线图。根据该累积降雨过程综合曲线图进行综合雨型的分析。

由于本方法是根据实际暴雨资料进行分析,为了综合反映暴雨样本的雨型特征,选取平均雨型作为最终雨型。为了保证各时段暴雨实际发生,取所有场次同一累积时段降雨量的中值,来获得平均情况下的累积雨量过程。进而还原出各时段雨量占总雨量的百分比,得到雨型的最初形态,然后对初步雨型过程进行修正。

3 实例应用

3.1 太湖区域 24 h 暴雨雨型

参与 24 h 雨型分析的太湖区域地区暴雨场次为 20 场,采用概化的累积暴雨百分比法得到各场次的累积降雨百分比曲线,筛选出其中饱满的暴雨过程(15 场)(图 1(a))。取所有系列同一时段的中值得到该地区平均累积暴雨百分比雨型(图 1(b)),并将平均雨型的累积百分比曲线进行还原,得到 24 h 的时段雨型过程(2 h 为 1 时段)(图 3(b))。

可以看出,太湖区域 24 h 暴雨雨型,雨峰出现在第 7/12 时段,时段雨量占比为 22%,为雨峰靠后

型。场次降雨主要集中在第4~8时段,占总降雨量的74%,峰前雨量高于峰后雨量。

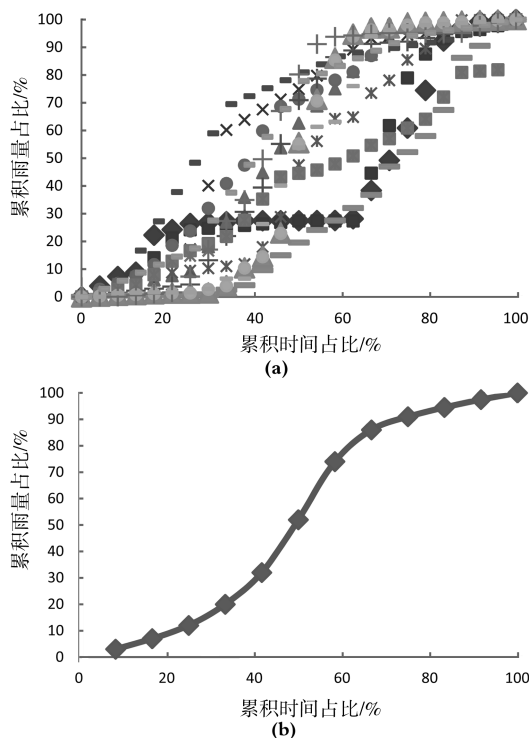


图1 太湖区域24 h暴雨场次累积降雨过程和平均雨型累积降雨过程

3.2 太湖区域3 d暴雨雨型

实际参与3 d雨型分析的太湖区域地区暴雨场次为16场,采用概化的累积暴雨百分比法得到各场次的累积降雨百分比曲线,筛选出饱满的暴雨过程(11场)。同理得到3 d暴雨的平均累积暴雨百分比雨型(图2)和时段雨型过程(3 h为1时段)(图4(b))。

可以看出,太湖区域3 d暴雨雨型,雨峰出现在第13/24时段,时段雨量占比为24%,为雨峰居中尖瘦型。场次降雨主要集中在雨峰位置,容易形成城市型洪涝,其峰前雨量与峰后雨量持平。

3.3 与“84图集”对比

目前江苏省规划设计水文计算均以1984年《江苏省暴雨洪水图集》为基础,计算归纳得到的最大3 d、最大24 h设计雨型(以下简称“84雨型”)对规划工作有极其重要的指导作用,经过多年的实际检验用,“84雨型”的可靠性得到了很好验证,本文分析计算得到的雨型(以下简称“概化雨型”)需要与“84雨型”进行比较分析。

图3显示:基于实际暴雨资料采用概化的累积暴雨百分比法得到的太湖地区24 h暴雨雨型,其暴雨的雨峰位置与“84图集”的雨峰位置一致,雨峰占

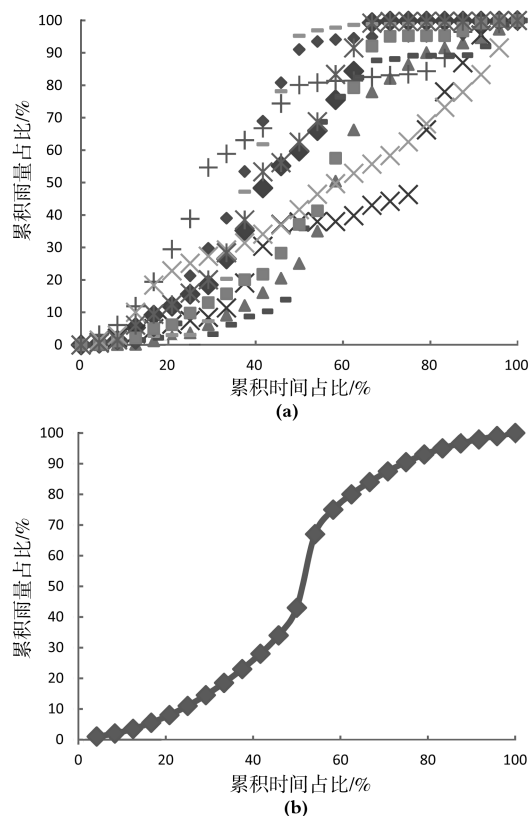


图2 太湖区域3 d暴雨场次累积降雨过程和平均雨型累积降雨过程

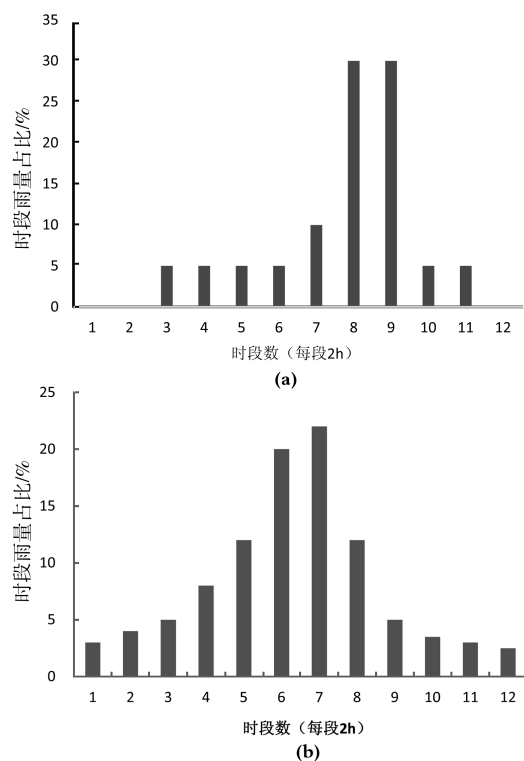


图3 太湖地区最大24 h概化雨型与“84图集”对比
比低于“84图集”。但该方法更贴近实际降雨情况,表现出的雨型为缓涨陡落型;而“84图集”只考虑了

雨峰的情况,其余时段的降雨比例与实际降雨不符。

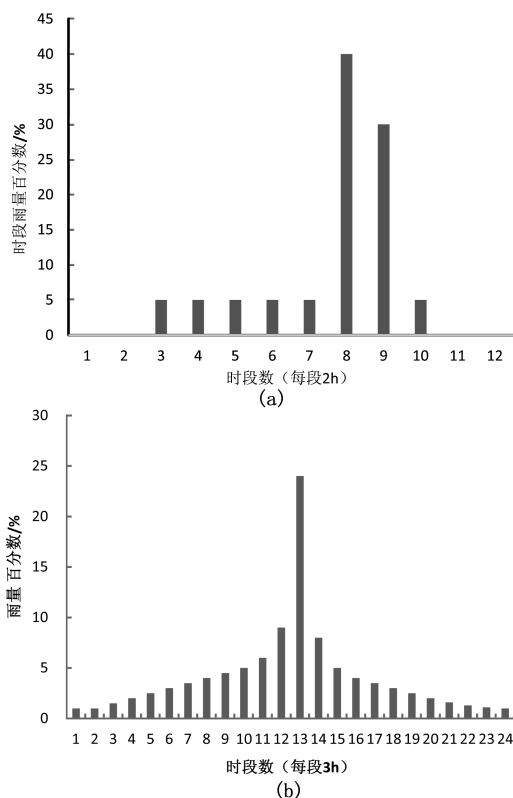


图4 太湖地区最大3 d 概化雨型与“84 雨型”对比

图4显示:基于实际暴雨资料采用概化的累积暴雨百分比法得到的太湖地区3 d 暴雨雨型,其暴雨的雨峰位置比“84 图集”的雨峰位置靠前一些,雨峰占比略低于“84 图集”。但该方法得出雨型为陡涨陡落型,相比较“84 图集”只能给出雨峰信息,更能够为城市各时期的防汛工作给出具体指导。

4 结 论

采用概化的累积暴雨量百分数法概念清楚,取材(暴雨样本)当地,加以概化综合,反映研究区当

地暴雨时程分布的实际特征。该方法能够适应不同的暴雨资料情况,应用更为方便。通过对太湖区域暴雨样本的分析,得到如下结论。

(1)24 h 雨型:太湖区域地区的雨峰位置为中间偏后,为缓涨陡落型,雨峰占总雨量百分比为22%。

(2)3 d 雨型:太湖区域地区为尖瘦单峰型,雨峰占比很大(24%),雨型陡涨陡落,为典型致涝型雨型,太湖区域地区3 d 暴雨雨型较为不利。

(3)通过与“84 图集”对比发现:概化方法得出的暴雨雨型形态与“84 图集”在雨峰位置上是基本一致的,由于不是只考虑极端情况,雨峰占比低于“84 图集”。但概化雨型更能如实反映出实际暴雨的时程分布特征,且雨型形态更为合理,可为暴雨历时内各时段的城市防洪工作给出更为具体的指导意见。

参考文献:

- [1] 邹进士,王梅华,张薇. 中国暴雨区划初步研究[J]. 地理学报, 1987, 42(2):151-164.
- [2] 梅伟,杨修群. 我国长江中下游地区降水变化趋势分析[J]. 南京大学学报(自然科学版), 2005, 41(6): 577-589.
- [3] 王遵娅,丁一汇,何金海,等. 近50年来中国气候变化特征分析[J]. 气象学报, 2004, 62(2):230-236.
- [4] 岑国平,沈晋,范荣生. 城市设计暴雨雨型研究[J]. 水科学进展, 1998, 9(1):41-46.
- [5] HUFF F A. Time distributions of heavy rainstorms in Illinois[M]. Illinois:Illinois State Water Survey, 1990.
- [6] 顾骏强,徐集云,陈海燕,等. 暴雨强度公式参数估计及其应用[J]. 南京气象学院学报, 2000, 23(1): 63-67.
- [7] 柴苑苑,孙翔. 深圳市流域暴雨雨型及变化趋势分析[J]. 水利技术监督, 2018(6):140-142.