

# 常州市运北片区汛期平均径流系数的探析

颜亚琴<sup>1,2</sup>, 庄 杨<sup>1</sup>, 刘丹杰<sup>1</sup>, 殷奇红<sup>1</sup>

(1. 常州市城市防洪工程管理处, 江苏 常州 213017;

2. 常州市水利信息中心, 江苏 常州 213017)

**摘要:** 分析城区降雨产汇流, 科学计算次降雨净雨量, 有利于进一步推进汛期科学防洪。但确定城区径流系数通常存在计算过程复杂, 计算所需各类数据不易获取等问题, 这导致产汇流计算的实用性较低。本文以常州市运北片防洪包围圈为例, 通过分析 2016 年主汛期的降雨、排涝情况, 估算常州市汛期平均径流系数, 为快捷计算降雨净雨量提供依据。

**关键词:** 径流系数; 降雨; 排涝; 水位

**中图分类号:** TV125

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1007-7839 (2017) 07-0048-04

## Analysis on average runoff coefficient during flood season in Yunbei Area of Changzhou

YAN Yaqin<sup>1, 2</sup>, ZHUANG Yang<sup>1</sup>, LIU Danjie<sup>1</sup>, YIN Qihong<sup>1</sup>

(1. Changzhou Urban Flood Control Project Management Office, Changzhou 213017, Jiangsu;

2. Changzhou Water Information Center, Changzhou 213017, Jiangsu)

**Abstract:** It is conducive to further promote the flood season scientific flood control by analyzing the rainfall runoff and confluence in urban areas, and scientifically calculating net rainfall and secondary rainfall. However, the determination of urban runoff coefficient usually has many problems such as complex calculation process and difficulty in obtaining data needed for computation, which leads to low practicability of runoff generation and confluence calculation. Taking the northern Changzhou flood control enclosure as an example, the rainfall and drainage in the main flood season of 2016 is analyzed, the average runoff coefficient of flood season in Changzhou is estimated. The basis for the rapid calculation of the net rainfall is provided.

**Key words:** runoff coefficient; rainfall; drainage; water level

## 0 引言

洪灾是发生次数最为频繁、影响范围最广、给人类带来损失最大的自然灾害之一, 因而被列为联合国最为关心的 15 种主要自然灾害之一<sup>[1]</sup>。有关灾害统计资料显示: 20 世纪 90 年代我国洪涝灾害带来的直接损失达年均 1258.5 亿元<sup>[2]</sup>。

## 1 常州市防洪现状

常州市位于江苏省南部, 属于太湖流域, 北靠长江, 南衔太湖, 腹部有洮滆两湖。全市地势高低相间, 河网密布, 特殊的地理位置和地形特征决定了常州市城市治水和防洪任务艰巨<sup>[3]</sup>。受厄尔尼诺现象的影响, 2015、2016 年汛期, 常州市经常受台风影响, 持续降雨, 其中 2016 入梅后, 常州市先后出现三轮流域性暴雨过程, 由于暴雨集中, 强度大、范围广, 造成部分地区的内涝灾害。为了进

收稿日期: 2017-03-29

作者简介: 颜亚琴 (1981-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事工程建设及运行管理工作。

一步做好常州市的防洪工作,减少内涝发生的频率,缩短内涝的影响时长,最大范围地减少损失,必须做到科学分析降雨产汇流,分析降雨产汇流要求首先准确估算相应的径流系数。

目前,城区产汇流计算主要分为水文学(等流时线法、单位线法)和水力学两大类(圣维南方程模拟法),其中,径流系数的确定主要依靠《室外排水规范》(DB50014-2016),通过地块分类确定地区平均径流系数。但计算径流系数时存在计算过程较为复杂、各类数据不易获取等问题,为了解决这些问题,《室外排水规范》确定了部分城市的综合径流系数以供参考。但是现有研究资料表明,径流系数 $C$ 还受次降雨雨量和降雨强度的直接影响<sup>[4]</sup>。本文以常州市运北片防洪包围圈为例,根据通过分析2016年主汛期的降雨与排涝情况,估算常州市汛期适用的平均径流系数 $C$ ,这有利于快速、准确地计算次降雨的净雨量,为排涝工作的开机台数控制提供依据。

## 2 运北片防洪包围圈的布置

运北片防洪包围圈总面积为156.2 km<sup>2</sup>,包含有16个泵站(横塘河南枢纽、横峰沟枢纽、丁横河枢纽、糜家塘枢纽、永汇河枢纽、老澡港河枢纽、西界河闸站、童子河闸站、北塘河水利枢纽、横塘河北枢纽、南运河枢纽、串新河枢纽、澡港河南枢纽、常州新闸站、采菱港枢纽、大运河东枢纽),53台机泵总装机流量375 m<sup>3</sup>/s。2016年汛期防洪排涝工作中,以三堡街水位为参考,将包围圈内水位控制在4.3 m左右,在尽可能减少包围圈内涝灾害的同时,兼顾各水闸的内、外水压力差,保证防洪建筑物安全。

## 3 运北片区汛期平均径流系数的分析

用现有的城市产汇流法计算常州市运北片区防洪包围圈的综合径流系数,结果见表1。

$$\bar{C} = \sum_{i=1}^m \frac{A_i}{A} C_i = \sum_{i=1}^m \alpha_i C_i \quad (1)$$

式中:

$\bar{C}$ —运北片区平均径流系数;

$A$ —运北片区总集水面积, km<sup>2</sup>;

$A_i$ —各类地面集水面积, km<sup>2</sup>;

$C_i$ —相应 $A_i$ 的径流系数;

$\alpha_i$ —各类型地面集水面积占总集水面积的权重系数;

$m$ —地面种类数。

表1 运北片防洪包围圈不同地面种类径流系数汇总表

土地种类	农用地	建设用地	未利用土地
土地面积 (km <sup>2</sup> )	8.47	140.68	7.15
$C_i$	0.10 ~ 0.20	0.85 ~ 0.95	0

注:未利用土地主要为河流、洼地、鱼塘等水系。

如根据现有的粗略统计资料计算径流系数,常州市运北片区的径流系数为0.77~0.87,根据《室外排水设计规范》,综合径流系数大于0.7的地区应采取渗流或调控措施,虽然2016年常州市部分地区发生了内涝,但在一般降雨年内涝并不频发,由此可知计算所得的值可能偏大。

已知径流系数受次降雨雨量和降雨强度的直接影响,但由于降雨过程不可控并且发生实时变化,根据降雨过程来推求实时 $C$ 值在一线排涝工作中几乎不可能实现,利用平均径流系数估算净雨量更为实际。为了提高运北片区汛期平均径流系数的准确度,以2016年汛期的防洪包围圈形成期间(表2)的降雨、排涝数据为研究对象,分析次降雨的实际净雨量,从而估算相应的平均径流系数。

在城区产流过程中,降雨损失量主要受植株截留、填洼、下渗和蒸发的影响,次降雨受各种折减因素影响后,通过产汇流进入河道的雨量为城区次降雨的净雨量。用传统产汇流模型计算次降雨净雨量<sup>[5]</sup>。

$$P = \bar{C} \cdot P_i \quad (2)$$

式中:

$P_i$ —第 $i$ 时段降雨量, mm;

$P$ —降雨净雨量, mm。

为了简化净雨量的计算过程,假设降雨在运北片区范围内均匀分布,2016年汛期根据综合径流系数计算所得降雨净雨量见表3。

根据水量平衡原理,任一时期的进入水量 $I$ 和输出水量 $Q$ 的差额 $\Delta S$ 必等于其蓄水量的变化值。由表3分析可知第一次防洪大包围期间的计算所得的区域降雨净雨量为8840.92万m<sup>3</sup>,总排涝量为6615.90万m<sup>3</sup>,进入河道的净雨量远超排涝量,河道水位必定会上涨超出警戒水位。但是,

表 2 大包围发生时间

	第一次大包围	第二次大包围	第三、四次大包围	第五次大包围
日期	6/22 ~ 7/18	9/16 ~ 9/17	9/29 ~ 10/9	10/26 ~ 10/31

表 3 主汛期降雨量统计表

日期	降雨量（mm）	计算净雨量（mm）	日期	降雨量（mm）	计算净雨量（mm）
6/22	94.5	77.49	7/15	2.0	1.64
6/23	23.5	19.27	7/17	0.5	0.41
6/24	6.5	5.33	9/16	71.5	58.63
6/25	12.0	9.84	9/17	1.0	0.82
6/27	43.5	35.67	9/29	88.0	72.16
6/28	66.5	54.53	9/30	72.0	59.04
6/29	10.5	8.61	10/1	7.5	6.15
7/1	57.0	46.74	10/2	5.0	4.10
7/2	54.0	44.28	10/3	1.0	0.82
7/3	87.5	71.75	10/6	2.5	2.05
7/4	9.5	7.79	10/7	77.0	63.14
7/5	24.5	20.09	10/8	6.5	5.33
7/6	12.5	10.25	10/26	83.0	68.06
7/7	4.0	3.28	10/27	35.0	28.70
7/9	0.5	0.41	10/28	6.5	5.33
7/11	8.5	6.97	10/29	1.5	1.23
7/13	10.5	8.61	10/30	1.0	0.82
7/14	48.5	39.77	10/31	13.0	10.66

可根据常州市城市防洪工程管理处信息自动化二级平台通过河道超声波水位仪统计的水位数据，绘制了如图 1 所示的水位曲线图。

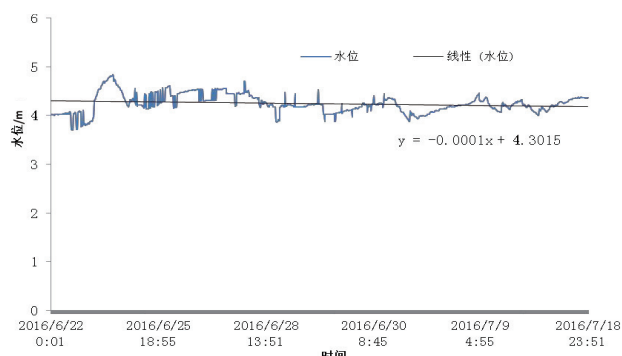


图 1 2016 年第一次防洪大包围期间河道水位曲线图

信息自动化二级平台平均每 5 min 获取一个

实时水位数据,由水位变化曲线趋势线方程可知,2016 年第一次防洪大包围期间,包围圈内河道水位在人为控制下几乎持平,且随着排涝的持续进行呈缓慢下降的趋势。

随着降雨的持续进行,植株截流容量、洼地蓄水能力以及土壤蓄水能力都趋近与饱和,雨量折减能力趋于稳定。防洪包围圈形成期间,运北片区呈封闭状态,过境客水量与自流排涝量均可忽略不计,在连续降雨与排涝期,降雨量可以看做是运北片区的输入水量,城防处所辖泵站抽排水量和地区蒸腾蒸发量可以看做是输出水量。当河道水位不发生明显浮动时,地区排涝量可以等同于地区次降雨的净雨量。绘制 2016 年第一次防洪大包围期间区域降雨量、排涝量以及计算净雨量曲

线图(图2)。

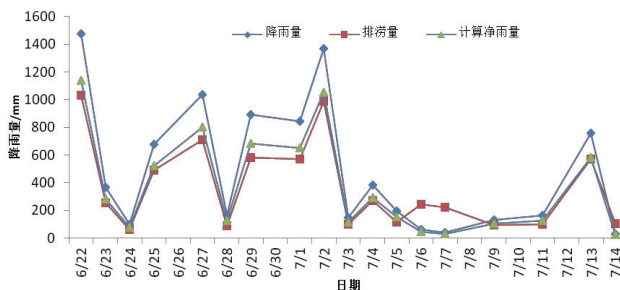


图2 2016年第一次防洪大包围期间区域降雨量、排涝量以及计算净雨量曲线图

由图2可见,除7月6日、7月7日常州市城市防洪工程管理处进行水位预降造成的排涝量远高于降雨量的现象,排涝量曲线与计算净雨量曲线和降雨曲线有着几乎完全一致的走向,但是计算净雨量曲线与排涝曲线并不重合,降雨量较大时,排涝曲线低于计算净雨量曲线较为明显。

由图3分析日排涝量 $Q_{排}$ 与日降雨量 $P_0$ 的关系,以日排涝量为日净雨量 $P$ 。

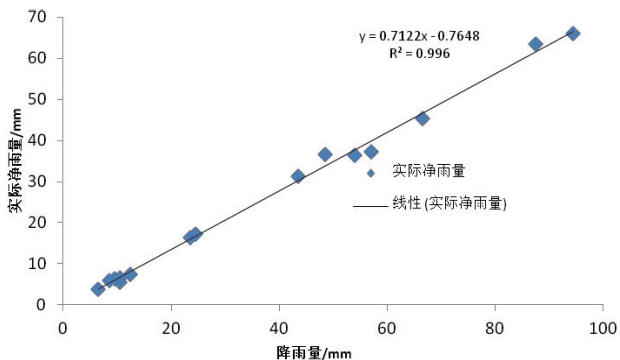


图3 估算净雨量散点图

$P_0$ 与 $Q_{排}$ 之间呈一次线性函数关系,这与传统产汇流模型中计算次降雨净雨量的计算公式相吻合, $c=0.71$ 小于由城区综合产汇流法计算所得的综合径流系数。虽然趋势线方程并不经过原点,但 $b$ 值较小, $b$ 值的来源主要是:(1)信息化二级平台统计的开机时长有一定的误差;(2)同一枢纽不同机组开机受人员数量的限定,开机时间并不统一,这导致由排涝量来估算的实际净雨量也存在一定的误差。

利用2016年第二、三、四、五次防洪大包围降雨与排涝数据来分析 $\bar{C}=0.77$ 所得的计算净雨量1与 $C=0.71$ 所得的计算净雨量2,以判断哪一种更接近实际排涝情况(图4)。

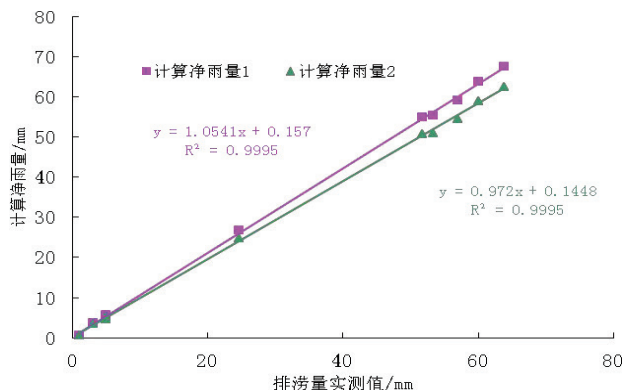


图4 计算净雨量与实际净雨量相关性分析图

## 4 结语

由图4可知,当 $c=0.71$ 时,趋势线方程的 $k$ 值更接近于1。由此可知,利用根据地面种类划分确定的综合径流系数 $\bar{C}$ ,计算整个降雨过程的净雨量跟实际情况存在较大的偏差。本文根据运北片区汛期实际情况确定的平均径流系数 $c=0.71$ 更适用于确定次降雨净雨量,在后期的汛期排涝工作中可根据天气预报情况预先估算净雨量,从而安排人员有针对性地做好开机准备,科学排涝。虽然本文得出的常州市运北片区的平均径流系数略大于《室外排水设计规范》(GB50014-2016)允许的城区综合径流系数为0.7的标准,但是考虑到径流系数会受次降雨雨量和降雨强度的直接影响,2016年降雨情况又较为特殊,台风带来的强降雨有降雨集中且雨量大的特点,由此估算的地区平均径流系数必定较大。

## 参考文献:

- [1] 杨佩国,胡俊锋,于伯华,等. 亚太地区洪涝灾害的时空格局[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2013(1):74-81.
- [2] 曹玮. 洪涝灾害的经济影响与防灾减灾能力评估研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2013.
- [3] 王斌,杨艳刚,张彪,等. 常州市水生态系统服务功能分析及其价值评价[R]. 第九届中国林业青年学术年会, 2010.
- [4] 王义成, YOSHITANI Junichi. 城市降雨径流模型修正RRL法及其改进[J]. 水利水电技术, 2007(6): 19-23.
- [5] 冯耀龙,肖静,马姗姗. 城区产汇流计算方法分析研究[J]. 中国农村水利水电, 2015(6): 43-47.

(责任编辑: 徐丽娜)