

DOI: 10.19797/j.cnki.1000-0852.20210004

洪水递减指数及其在洪水过程设计中的应用研究

张金良, 盖永岗, 李超群, 沈洁

(黄河勘测规划设计研究院有限公司, 河南 郑州 450003)

摘要:基于暴雨公式的思想, 定义了指数量时段平均洪水流量公式, 经公式推导提出洪水递减指数的概念, 研究总结了洪水递减指数的分析计算方法, 可将其移用至无实测流量资料小流域设计洪水过程线的推求, 并选取窟野河上游的乌兰木伦河流域进行了应用示例。结果表明该方法合理可行, 为无资料地区设计洪水过程线的推求提供了新思路。

关键词:时段平均洪水流量公式; 洪水递减指数; 无资料小流域; 设计洪水过程线

中图分类号: P933

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2022)03-0008-06

0 引言

现行洪水过程设计推求根据资料条件有不同方法^[1-2]。对于有实测流量资料计算设计洪水时, 设计洪水过程线的推求一般是选取典型洪水过程线, 然后对典型洪水过程线进行放大推求所需频率的设计洪水过程线, 常用的方法有分时段同频率控制放大法和同倍比放大法两种, 一些专家学者也针对该方法从生产实践和科学研究等不同角度开展了一些研究和探索^[3-8]。对于无实测流量资料的小流域设计洪水计算, 通常需要根据设计暴雨计算设计洪水, 此时若采用单位线法进行汇流计算, 可直接计算出设计频率的洪水过程线; 若采用推理公式法进行汇流计算, 通常是先计算设计洪峰流量, 然后再采用三点、五点或多点概化过程线, 各省(区)水文手册有适用本地区的相关方法介绍, 但该方法所设计的洪水过程线基于假定和概化, 无实测洪水过程资料依据; 此外, 还可采用地区综合经验公式法计算设计洪峰流量, 但该方法未给出设计洪水过程线的计算方法; 针对小流域设计洪水过程也有一定研究^[9], 但文献数量较少。

小流域场次洪水历时相对较短, 一般可按 24h 或小于 24h 考虑, 单场次洪水形状一般呈单峰型, 洪水流量峰值处最大, 向两侧逐渐衰减。本文基于小流域洪水的特点, 定义出时段平均洪水流量公式, 提出洪水递减

指数的概念, 并将其移用于无实测流量资料小流域的设计洪水过程推求, 试图为无资料小流域设计洪水过程的推求提供了一种新的思路和方法。

1 洪水递减指数及其分析与应用方法

1.1 暴雨公式及递减指数

暴雨是比较复杂的自然现象, 其过程是一个复杂的多维随机过程, 但也有一定的规律性^[10-11]。暴雨强度呈现出随历时延长而衰减的规律, 水利部门一般建议在双对数纸上点绘不同重现期的暴雨强度—历时关系图, 进而分析暴雨强度衰减规律, 并研究提出了水利部门暴雨公式^[14], 见式(1)~(2), 暴雨递减指数一般通过图解分析法来确定^[11-12]。

$$a_{t,p} = \frac{S_p}{t^n} \quad (1)$$

$$\text{或} \quad x_{t,p} = S_p t^{1-n} \quad (2)$$

式中: $a_{t,p}$ (mm/h) 表示历时为 t 、频率为 p 的平均暴雨强度; S_p (mm/h) 表示 $t=1h$ 的平均雨强, 也称雨力; n 为暴雨指数, $0 < n < 1$; $x_{t,p}$ (mm) 表示历时为 t 、频率为 p 的暴雨量。

1.2 洪水递减指数

洪水过程是暴雨过程经下垫面作用后形成的又一复杂的多维随机过程, 与暴雨过程密切相关, 洪峰与雨峰具有对应性, 以洪峰时刻为中心, 洪水平均流

收稿日期: 2021-01-15

网络首发时间: 2022-04-20

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1814.p.20220419.1258.003.html>

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2017YFC0404602)

作者简介: 张金良(1963—), 男, 博士, 正高级工程师, 博士生导师, 主要研究方向为黄河流域重大水工程与水沙调控。E-mail: jlzhangyrec@126.com

通信作者: 盖永岗(1982—), 男, 高级工程师, 主要从事水利规划、水文分析计算和水情自动测报系统设计方面的工作。E-mail: 395870347@qq.com

量也具有随历时延长而衰减的规律,与暴雨强度的衰减特性较为相似。基于暴雨、洪水过程变化的相似性,以水利部门暴雨公式^[3]研究成果为思路,本文研究定义出如下指数型时段平均洪水流量公式,见式(3)。

$$\bar{Q}_{tp} = \frac{Q_{mp}}{t^r} \quad (3)$$

式中: \bar{Q}_{tp} (m³/s)表示频率为 p 的最大 t 时段平均流量; Q_{mp} (m³/s)表示频率为 p 的洪峰时段的洪水流量,一般以1h为统计时段; r 为无因次指数。上述式中,借鉴暴雨递减指数的特性,认为不同量级洪水的 r 值是不同的,因此在公式中加入了频率 p 以示区分。

将式(3)的两边取对数,得出对数型时段平均洪水流量公式(4),进一步可变换为式(5)。

$$\lg \bar{Q}_{tp} = \lg Q_{mp} - r \lg t \quad (4)$$

$$r = (\lg Q_{mp} - \lg \bar{Q}_{tp}) / \lg t \quad (5)$$

根据式(4)和式(5)可以看出, $\lg \bar{Q}_{tp}$ 与 $\lg t$ 呈斜率为 r 的直线关系, r 值反映了时段平均洪水流量公式对数化的坡度。本文将 r 定义为洪水递减指数,它反映了场次洪水流量在时程分布上的集中(或分散)程度。

1.3 洪水递减指数计算与应用

根据前述洪水递减指数的定义,可以式(5)为基本公式,由洪峰流量值和时段洪量值计算相应的洪水递减指数 r 。

在实际工作中,可选取小流域控制水文站,统计其长系列洪水资料,一般可选取年最大洪峰系列和年最大24h洪量系列;对于实测洪水资料条件好的水文站,若具有长系列的洪水要素摘录资料,还可补充统计分析其年最大3h、6h、12h等时段洪量系列,可用于分时段研究洪水递减指数的变化规律,具体分段应视洪水过程时长和过程线形状的变化特征而定。本文研究中限于资料条件,仅从提出分析方法的角度,暂只考虑年最大洪峰和年最大24h洪量两个洪水要素,而不再考虑增加其他时段洪量要素。对年最大洪峰和年最大24h洪量两个洪水要素的洪水系列进行频率分析计算^[11-12],获取各洪水要素不同频率的设计洪水成果,分别以 Q_{mp} 和 W_{24p} 表示,其中, W_{24p} 为相应于频率 p 的24h设计洪量,可进一步转换为24h时段平均洪水流量, \bar{Q}_{24p} 以表示,从而可进一步计算洪水递减指数,具体参见式(6)~(7)。

$$\bar{Q}_{24p} = W_{24p} / 86400 \quad (6)$$

$$r_p = (\lg Q_{mp} - \lg \bar{Q}_{24p}) / \lg 24 \quad (7)$$

式中: Q 的单位均为(m³/s), W 的单位均为(m³)。

依据上述公式可以分析计算出单站不同频率(洪水量级)的洪水递减指数。若针对某一气候及下垫面条件相似的地区,具有多个小流域控制水文站的洪水资料可供应用,可按照上述公式和方法分别计算出各水文站不同洪水要素的不同频率洪水递减指数,再对各站的洪水递减指数计算成果进行分析综合,以便于移用至相似的无资料地区。

根据上述方法综合出的 r_p 可移用至同一区域无实测流量资料的设计流域,用以开展无实测流量资料流域的洪水过程设计。可根据推理公式法或地区经验公式法等推求出设计流域的设计洪峰流量,以 $Q_{设mp}$ 表示,其表示为洪峰发生时刻所在的1h平均洪水流量,亦可表示为 $\bar{Q}_{设1p}$;进而可以式(3)为基本公式,计算出以洪峰时刻为中心、不断向两端顺延的最大 t 时段平均洪水流量 $\bar{Q}_{设tp}$ ($t=2, \dots, 24$),进而可根据式(8)计算求得按大小排序的各时刻洪水流量,根据式(9)累加各时刻流量计算求得24h设计洪量,亦可根据式(10)计算求得设计流域的24h设计洪量。

$$Q_{设tp} = [\bar{Q}_{设tp} * t - \bar{Q}_{设(t-1)p} * (t-1)] / 1, (t=2, \dots, 24) \quad (8)$$

$$W_{设24p} = \sum_{t=1}^{24} Q_{设tp} * 0.36 \quad (9)$$

$$W_{设24p} = Q_{设mp} * 24^{1-r_p} \quad (10)$$

综合水文站实测典型洪水过程拟定设计洪水过程的分配线型,确定洪水洪峰发生时段,然后以洪峰时刻为中心依大小将顺延时段流量分配至洪峰时刻两侧的各时段,从而可获得24h洪水过程线。

2 实例分析

2.1 研究流域概况

窟野河是黄河右岸的一级支流^[13],位于东经109°42'~110°52',北纬38°23'~39°52'之间,流域总面积8706 km²,从河源至转龙湾(东、西乌兰木伦河汇合处)称为乌兰木伦河,为窟野河上游,控制流域面积1955 km²(见图1)。其中,西乌兰木伦河设有阿腾席热水文站,集水面积338 km²,自1985年1月建站以来,一直测验至今。

窟野河流域上游乌兰木伦河段为丘陵区季节性河流,洪水由暴雨形成,一般发生在7—8月,其特点是一次降雨笼罩面积小,强度大,历时短,一般在24h以内。由于流域内地形破碎,沟壑纵横,植被差,硬梁地不渗水,一遇暴雨极有利于产流、汇流,故常形成陡涨陡落的单峰尖瘦型洪水。



图1 窟野河上游乌兰木伦河水系示意图
Fig.1 River system diagram of Wulamulun River at Kuye basin

2.2 洪水递减指数计算分析

2.2.1 洪水递减指数计算

根据阿腾席热水文站 1980—2018 年年最大洪峰流量系列和年最大 24h 洪量系列(并考虑 1954、1961 年调查的历史洪水)进行频率分析计算,频率曲线线型采用 P-Ⅲ型,统计参数采用矩法初步估计,并采用目估适线法确定设计洪水成果(见表 1)。

根据式(3)分别计算不同频率(量级)洪水的递减指数 r_p ,见表 1,可以看出, r_p 值对应于洪水均值时最大,为 0.870,分别相应于频率 10%、5%、3%、1%时,洪水量级逐级增大, r_p 值随之呈逐渐减小的趋势,因此, r_p 值具有随洪水频率稀遇、即洪水量级增大而减小的特点,但根据阿腾席热水文站设计洪水资料分析的结果看, r_p 值变化范围不大,总体变化范围在 0.85~0.87 之间,具体与设计流域的洪水峰量关系特点及洪水量级大小有关,不同流域应根据实测洪水资料进行分析研究。

2.2.2 有效性分析

根据前述计算结果,阿腾席热站 $r_p=1\%$ 值为 0.85,

根据 1.2 部分介绍的洪水递减指数应用方法,计算求得阿腾席热站相应于 $P=1\%$ 的设计洪水过程线(递减指数法),见图 2。选择阿腾席热站 1996 年 8 月 9 日实测洪水过程线为典型,根据阿腾席热站相应于 $P=1\%$ 的设计洪峰流量和 24h 设计洪量值,采用峰、量同频率控制对典型洪水过程线进行放大,求得阿腾席热站相应于 $P=1\%$ 的设计洪水过程线(典型放大法),同时绘制于图 2 中进行比较。

根据图 2 中典型放大法和递减指数法推求的阿腾席热站相应于 $P=1\%$ 的设计洪水过程线对比,可以看出,洪峰均为设计值,两种方法拟合一致;递减指数法相较于典型放大法的洪峰段过程更加尖瘦,主要体现在快速落洪阶段,递减指数法相较于典型放大法的设计流量值相对偏小;整个涨洪阶段和洪水缓退阶段,递减指数法相较于典型放大法,各时段的设计流量值相对偏大;但两种方法推求的设计洪水过程线总体趋势较为接近,表明采用递减指数法推求设计洪水过程线是有效的,可以作为一种新的方法供设计选用。对于快速落洪阶段的拟合偏差,经初步分析,认为

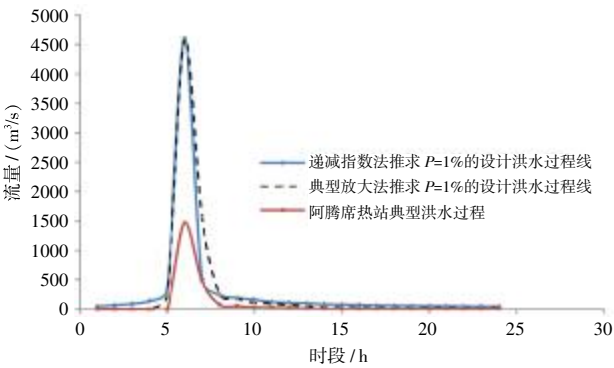


图2 阿腾席热站递减指数法和典型放大法推求
 $P=1\%$ 的设计洪水过程线对比

Fig.2 Comparison of design flood hydrograph with $P=1\%$ of Atengxire station calculated by decline index method and typical amplification method

表1 阿腾席热水文站设计洪水及洪水递减指数计算

Table1 The calculiatiion of flood decline index and design flood of Atengxire gaging station

项目	均值	C_v	C_s/C_v	相应于频率 P 的设计值				
				1%	2%	3%	5%	10%
洪峰流量 m^3/s	692	1.35	2.5	4601	3691	3043	2543	1736
24h 洪量 10^4m^3	376	1.45	2.5	2670	2142	1747	1444	961
洪水递减指数 r_p	0.870			0.850	0.850	0.853	0.857	0.865

洪水递减指数在不同洪水过程时段应具有不同的值,若采用分时段统计分析的洪水递减指数值进行拟合,有望改善这一问题,后续可做进一步的研究改进。

2.3 洪水递减指数移用

活泥兔沟为窟野河流域上游乌兰木伦河右岸的小支沟流域,活泥兔沟下游建有活泥兔 3# 骨干坝,坝址以上流域总面积 13.49 km²,沟道长度 5.75 km,平均比降 3.08%,在工程设计中开展了活泥兔 3# 骨干坝洪水过程设计,现将洪水递减指数法在该小流域的应用进行示例说明。

活泥兔 3# 骨干坝设计洪峰流量采用《内蒙古自治区水文手册》(以下简称《手册》)中的洪峰流量与集水面积经验公式法进行计算,见式(11)~(12)

$$\bar{Q}_m = CF^n \tag{11}$$

$$Q_{mP} = K_P \bar{Q}_m \tag{12}$$

式中: \bar{Q}_m 为多年平均洪峰流量, Q_{mP} 为相应频率 P 的设计洪峰流量; K_P 为不同频率的模比系数, C 为经验参数, n 为流域面积指数,可根据《手册》逐一确定; F 为流域面积。

经计算,活泥兔 3# 骨干坝 $Q_{mP=1\%}$ 、 $Q_{mP=3.33\%}$ 分别为 577 m³/s、359 m³/s。将 2.2 中分析的阿藤席热站 r_p 值移用于活泥兔沟小流域,并根据阿藤席热站实测典型洪水,确定洪峰流量在 24h 洪水过程中的发生时段为 6h,根据 2.2 部分介绍的洪水递减指数应用方法,计算求得活泥兔 3# 骨干坝相应于 $P=1\%$ 和 $P=3.33\%$ 的设计洪水过程线,见图 3,并可求得活泥兔 3# 骨干坝 24h 设计洪量 $W_P=1\%$ 、 $W_P=3.33\%$ 分别为 335×10⁴m³、206×10⁴m³。

2.4 比较分析

2.4.1 计算结果

活泥兔 3# 骨干坝 24h 设计洪量采用《手册》中的

24h 洪量与集水面积的经验公式进行计算,与设计洪峰流量计算公式类似,见式(13)~(14)。

$$\bar{W}_{24} = CF^n \tag{13}$$

$$W_{24P} = K_P \bar{W}_{24} \tag{14}$$

式中: \bar{W}_{24} 为多年平均 24h 洪量, W_{24P} 为相应频率 P 的 24h 设计洪量。经计算活泥兔 3# 骨干坝 $W_{24P=1\%}$ 、 $W_{24P=3.33\%}$ 分别为 322×10⁴m³、200×10⁴m³。

根据《手册》,设计洪水过程线采用概化三角形过程线法进行计算,洪水历时根据式(15)进行计算,涨水段与退水段的历时比为 1:2,计算得活泥兔 3# 骨干坝相应于 $P=1\%$ 和 $P=3.33\%$ 的设计洪水过程线,同时绘制于图 3 中进行比较。

$$T = W/30Q_m \tag{15}$$

2.4.2 结果比较

采用洪水递减指数法计算的 24h 设计洪量与采用《手册》中经验公式法计算的结果列于表 2 中,经比较,洪水递减指数法相较于经验公式法求得的 24h 设计洪量偏大 3%~4%,差别不大,表明洪水递减指数法计算的设计洪量是较为合理可行。

由图 3 所示,根据《手册》中三点法推求的设计洪水过程线,在涨洪阶段和退洪阶段的各时刻流量一般是按照均匀递减推求的,洪水过程集中,不存在洪水的缓涨和缓退阶段,涨落洪过程变率均匀一致,与实

表2 递减指数法与手册经验公式法设计洪量计算结果比较

Table2 Comparison of design flood volume calculation results between decline index method and manual empirical formula method

项 目	$P=1\%$	$P=3.33\%$
手册经验公式法设计洪量 $a/10^4\text{m}^3$	322	200
洪水递减指数法设计洪量 $b/10^4\text{m}^3$	335	206
b-a 差别/%	3.8	3.0

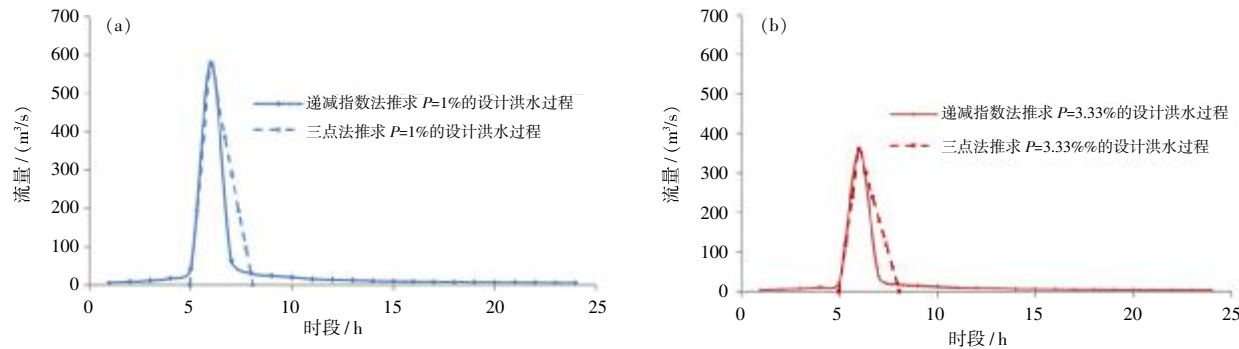


图 3 递减指数法与三点法推求的活泥兔 3# 坝不同频率设计洪水过程线对比

Fig.3 Comparison of design flood hydrograph with different frequencies of Huonitu3# calculated by decline index method and three-point method

际暴雨洪水过程的缓涨、快速上涨、洪峰、快速退洪、缓退的阶段过程不太相符。而采用洪水递减指数法推求的设计洪水过程线较为完整拟合了场次洪水过程各阶段及其变化过程,与三点法推求的设计洪水过程线相比,更加接近实际洪水过程。

综上分析,洪水递减指数法用于推求无资料小流域的设计洪水过程是合理可行的。

3 结语

基于暴雨公式,定义指数型时段平均洪水流量公式,并通过公式变形推导出对数型时段平均洪水流量公式,进而提出洪水递减指数 r 的概念。研究提出了根据水文站实测洪水资料分析计算洪水递减指数的方法,拟定了洪水递减指数向无实测流量资料流域移用和用于推求设计洪水过程的方法。最后结合窟野河上游乌兰木伦河流域为实例进行了剖析示例,研究表明,通过水文站实测洪水资料分析出洪水递减指数,可将其移用至气象及下垫面条件相似的无实测流量资料地区小流域,用于设计洪水过程线的推求,进而可推求设计洪量。该方法以水文站实测洪水资料为基础,具有较好的实测资料基础依据,洪水递减指数的概念明确直观,符合洪水过程由峰值向两侧递减的特征,推求的设计洪水过程线完整的拟合实际洪水过程各阶段及其变化,方法有效,合理可行,为无资料小流域设计洪水过程线推求方法提供了一种新的思路和方法。

对于本文研究中存在的洪峰段过程相对尖瘦、快速落洪阶段拟合值偏小的现象,经初步分析,认为是由洪水递减指数具有时段变化特征引起的。关于不同时段洪量要素所对应洪水递减指数是否存在差异及其变化规律,以及洪水递减指数的地区变化规律等问题尚有待进一步的研究。

参考文献:

- [1] SL44—2006, 水利水电工程设计洪水计算规范[S]. (SL44—2006, Regulation for Calculating Design Flood of Water Resources and Hydropower Projects [S]. (in Chinese))
- [2] 水利部水利水电规划设计总院. 水工设计手册(第2版)[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2014. (Academy of Water resources and Hydropower Planning and Design of Ministry of Water Resources. Handbook of Hydraulic Structure Design (The Second Edition) [M]. China Water Conservancy and Hydropower Publishing House, 2014. (in Chinese))
- [3] 崔振才, 翟国静. 河流洪水过程线的随机模拟及其在推求调洪库容中的应用[J]. 重庆交通学院学报, 1990,9(1):103–114. (CUI Zhencai, ZHAI Guojing. Random simulation of flood hydrograph and its application in ascertaining flood control capacity [J]. Journal of Chongqing Jiaotong Institute, 1990,9(1):103–114. (in Chinese))
- [4] 周文浩. 同频率放大洪水过程线的简易方法[J]. 珠江现代建设, 1998,4:10–11. (ZHOU Wenhao. Simple method of homogenous frequency enlargement of flood hydrograph [J]. Modern Construction of Zhujiang, 1998,4:10–11. (in Chinese))
- [5] 肖义, 郭生练, 刘攀, 等. 基于 Copula 函数的设计洪水过程线方法[J]. 武汉大学学报(工学版), 2007,40(4):13–17. (XIAO Yi, GUO Shenglian, LIU Pan, et al. Derivation of design flood hydrograph based on Copula function [J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2007,40(4):13–17. (in Chinese))
- [6] 李天元, 郭生练, 闫宝伟, 等. 基于多变量联合分布推求设计洪水过程线的新方法[J]. 水力发电学报, 2013,32(3):10–14,38. (LI Tianyuan, GUO Shenglian, YAN Baowei, et al. Derivative design flood hydrograph based on trivariate joint distribution [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2013,32(3):10–14,38. (in Chinese))
- [7] 刘和昌, 梁忠民, 唐甜甜, 等. 基于条件概率组合设计洪水过程线[J]. 中国农村水利水电, 2015,2:123–125. (LIU Hechang, LIANG Zhongmin, TANG Tiantian, et al. The desing of flood hydrograph based on conditional probability composition [J]. China Rural Water and Hydropower, 2015,2:123–125. (in Chinese))
- [8] 高超, 朱聪, 泮苏莉, 等. 不同类型洪水过程线的随机模拟应用[J]. 基础与工程科学学报, 2018,26(4):767–779. (GAO Chao, ZHU Cong, PAN Suli, et al. Stochastic simulation of different flood hydrographs [J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2018,26(4): 767–779. (in Chinese))
- [9] 吕中明. 对《用浙江省综合单位线法计算单位线及洪水过程线的程序》的改进[J]. 浙江水利科技, 1988,4:41–45. (Improvement of procedure of using comprehensive unit line of Zhejiang Province to calculate unit line and flood hydrograph [J]. Water Science and Technology of Zhejiang, 1988,4:41–45. (in Chinese))
- [10] 贾卫红, 徐卫忠, 李琼芳, 等. 基于暴雨衰减特性的上海市长历时综合暴雨公式[J]. 水科学进展, 2021,32(2):211–217. (JIA Weihong, XU Weizhong, LI Qiongfang, et al. Study on long duration comprehensive rainstorm formula based on rainstorm attenuation characteristics in Shanghai [J]. Advances in Water Science, 2021,32(2): 211–217. (in Chinese))
- [11] 中国水利水电出版社. 水文水利计算(第2版)[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008. (Water Conservancy and Water Energy Calculation (The Second Edition) [M]. Beijing: China Water Conservancy and Hydropower Publishing House, 2008. (in Chinese))
- [12] 叶守泽, 詹道江. 工程水文学[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000. (YE Shouze, ZHAN Daojiang. Engineering Hydrology [M]. Beijing: China Water Conservancy and Hydropower Publishing House, 2000, (in Chinese))
- [13] 水利部黄河水利委员会. 窟野河流域综合规划[R]. 2019. (Yellow River Conservancy Commission of the Ministry of Water Resources. Comprehensive Planning of Kuye Basin [R]. 2019. (in Chinese))

Study on Flood Decline Index and Its Application in Flood Hydrograph Design

ZHANG Jinliang, GE Yonggang, LI Chaoqun, SHEN Jie

(Yellow River Engineering Consulting Co. Ltd., Zhengzhou 450003, China)

Abstract: Based on the idea of rainstorm formula, the exponential-type formula of average flood flow was defined. The conception of flood decline index was put forward by formula derivation. The analysis and calculation method of flood decline index was studied and summarized, which could be applied to the calculation of flood hydrograph design in small watershed without measured flow data. A application example was done to Wulanmulun basin witch is at the upper stream of Kuye river. The results show that the method is reasonable and feasible, witch could provide a new idea for the calculation of flood hydrograph design in ungauged small watershed.

Keywords: formula of average flow within flood time; flood decline index; small basin without measured data; designd flood hydrograph

(上接第7 页)

Analysis of Flood Evolution and Operation Mode in Mega City

ZHAO Xiaowei^{1,2}, LI Yongkun², YANG Zhongshan¹, ZANG Min¹, FU Chunmei³

(1. Beijing Hydrology Center, Beijing 100089, China; 2. Beijing Water Science and Technology Institute, Beijing 100048, China;
3. Beijing North Canal Administration, Beijing 101100, China)

Abstract: With the continuous high incidence of extreme rainstorm, the difficulty of urban flood disaster prevention is increasing, which brings great challenges to the flood control and drainage operation of mega-cities. This paper took the North Canal basin in Beijing as an example, selected the hydrological monitoring data of four typical rainstorms in the last 10 years, used the methods of mathematical statistics and knowledge mapping, analyzed the rainfall moving path, calculated the waterlogging disaster threshold, the rainfall runoff coefficient and the flood propagation time, and compared the flood evolution patterns and dispatch patterns. The results show that there is a significant positive correlation between impervious ratio-runoff coefficient-peak modulus, a significant positive correlation between maximum 1h rainfall-flood peak, and an inverse correlation between flood speed and flood rising time in each basin of Beijing urban area. If the rainfall exceeds 30mm/h, severe waterlogging will occur in this area. The flood peak staggering of urban drainage and flood in North Canal is the key to flood control and management in Beijing. The research results could provide an important reference for the systematic prevention of flood disasters in mega-cities.

Keywords: mega city; Beijing; flood evolution; operation mode; North Canal

公益·报道

《水文》入选《科技期刊世界影响力指数(WJCI) 报告(2021)》

《水文》被《世界期刊影响力指数(WJCI)报告》(简称《WJCI 报告》)再次收录,至此已连续两年被收录。《WJCI 报告》由中国科学技术信息研究所、《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司、清华大学图书馆、万方数据有限公司、中国高校科技期刊研究会、中国科学技术期刊编辑学会联合研制,是一份体现世界

期刊同台竞技结果的期刊评价报告,更加全面地评价世界约 1.5 万种重要科技期刊学术影响力,及其对全球科技创新活动提供的出版传播服务。与其他评价系统相比,更加客观反映了以中国为代表的新兴科技大国的真实贡献,推动世界科技期刊公平评价、同质等效使用。