

DOI: 10.19797/j.cnki.1000-0852.20190142

曼宁公式法和史蒂文斯法高水延长应用对比分析

邓颂霖,周 莉,刘启松,徐 志,刘应武

(长江委水文局荆江水文水资源勘测局,湖北 荆州 434000)

摘要:针对曼宁公式法和史蒂文斯法在高水延长时,用断面平均水深 h 代替水力半径 R 计算带来的误差,根据不同形态断面分析了两种方法在应用中存在的误差和边界条件。要满足一、二类精度水文站水力因素法定线精度的误差不超过 2% 的规范要求,曼宁公式法,矩形断面宽深比 B/h 应大于 66.3,等腰三角形应大于 16.2;史蒂文斯法,矩形断面宽深比 B/h 应大于 49.5,等腰三角形应大于 13.9。在等腰三角形断面情况下,曼宁公式法对基础资料要求较高,用实测资料计算 $Z-S^{1/2}/n$ 时可能无法确定常数或该常数会失真无代表性,高水延长成果难把握或错误。经过对比分析,认为窄深型河道史蒂文斯法相比曼宁公式法计算误差范围小,基础资料要求限制低,精度较高,适用性更广。

关键词:曼宁公式;史蒂文斯法;高水延长;误差分析

中图分类号:P333

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2020)02-0012-05

由于测验条件的限制或某些不可抗御的自然因素,往往出现高水水文要素过程漏测或缺测,此时就需要将水位流量关系曲线向高水部分延长。文献[1]要求:高水外延幅度不得超过当年实测流量所占水位变幅的 30%,如超过此限,至少用两种方法作比较,并在有关成果表中对延长的根据做出说明。现在关于高水延长的方法较多,如水位面积、水位流速关系曲线延长法,单一线拟合法,邻站相关法,曼宁公式法和史蒂文斯法等^[2-4]。刘汉臣^[5]、徐鸿昌^[6]、杨小力^[7]等采用水位面积、水位流速关系曲线法对不同水文特性测站高水进行延长分析精度都较高,但对测站资料条件要求高;唐健奇^[8]、程银才^[9]等采用单一线拟合法中的方程检验及检查、浮动多项式等方法进行高水延长;喇承芳^[10]等在黄河安宁渡水文站用邻站相关法进行高水延长,该方法虽然简单,但对实测资料要求较高,并可能由于水位差值变幅较小,造成相关分析所得的流量偏小;曼宁公式法和史蒂文斯法具有水文资料处理简单,延长任意性不大,适用范围广,便于计算机处理等优点^[11-14],但诸多运用分析中对两者适用性只进行了简单的定性描述^[3,11,15],曼宁公式误差分析也不多见^[16-17],史蒂文斯法适用性指标基本没有。为了在水文分析运用中准确选

用曼宁公式法和史蒂文斯法,对两种方法高水延长应用进行了对比分析。

以我国西南山区和巴基斯坦吉拉姆河某洪水调查河段为研究对象,选用曼宁公式法和史蒂文斯法进行分析,从形态断面对基础资料要求两方面,开展曼宁公式法和史蒂文斯法高水延长应用对比分析。

1 方法介绍

1.1 曼宁公式法

$$Q=AR^{2/3}S^{1/2}/n \quad (1)$$

式中: Q 为流量, $m^3 \cdot s^{-1}$; A 为河段平均断面面积, m^2 ; R 为水力半径, m ; S 为比降; n 为糙率。

当有糙率和比降资料时,可点绘 $Z-n$ 关系曲线并延长至高水,由实测大断面资料算得水力半径 R 及 A ,代入公式实现高水延长。当 n 和 S 资料不全时,可点绘 $Z-n^{-1}S^{1/2}$ 关系曲线, $n^{-1}S^{1/2}$ 可用 $vR^{-2/3}$ 代替 (其中 v 为流速)。由于高水期 $n^{-1}S^{1/2}$ 值一般接近于常数,故可顺势沿平行于纵轴的方向向高水延长。再利用实测大断面资料计算 $AR^{2/3}$,并点绘 $Z-AR^{2/3}$ 关系曲线。根据同一水位上的 $n^{-1}S^{1/2}$ 和 $AR^{2/3}$ 值,两者之积即为相应水位的流量。

1.2 史蒂文斯法($Q-A\sqrt{RS}$ 法)

$$Q=CA\sqrt{RS} \quad (2)$$

收稿日期:2019-05-07

作者简介:邓颂霖(1984-),男,云南曲靖人,高级工程师,硕士研究生,主要从事水文预报与分析工作。E-mail:jjdengsl@cjh.com.cn

式中:C为谢才系数, $m^{1/2} \cdot s^{-1}$, 其余符合同上。由于比降和糙率变化不大, 因而令 $K=CS^{1/2}$, 则有:

$$Q=KAR^{1/2} \quad (3)$$

式(3)说明高水时 Q 与 $AR^{1/2}$ 是线性关系, 故可依据大断面资料定出 $Z-AR^{1/2}$ 线, 然后再定 $AR^{1/2}-Q$ 线, 从而实现高水延长。

2 误差分析

高水延长时常用断面平均水深 h 代替水力半径 R , 给计算的流量带来一定的误差。本文根据不同的形态断面, 分析两种方法在应用中存在的误差和边界条件。

2.1 矩形和三角形断面水力半径误差分析

在实际中, 曼宁公式法和史蒂文斯法往往不注意宽深比的大小, 以断面平均水深 h 直接代替水力半径 R , 如果方法选择不当, 可能产生较大的误差。用断面平均水深 h 代替水力半径 R , 流量计算式分别为:

$$Q=(1/n)A(h)^{2/3}S^{1/2} \quad (4)$$

$$Q=KA(h)^{1/2} \quad (5)$$

为了研究不同形态断面下水力半径对流量的影响, 采用矩形和等腰三角形进行分析, 断面如图 1 和图 2 所示。矩形断面湿周为:

$$R_{矩}=Bh/(2h+B) \quad (6)$$

对于等腰三角形, 过水面积 $A=Bh_{max}/2$, 同时, 面积

A 等于水面宽 B 与平均水深之积, 故 $h=h_{max}/2$, 即 $h_{max}=h \cdot 2$, 计算等腰三角形断面湿周为:

$$R_{三角}=2\sqrt{B^2/4+4h^2} \quad (7)$$

将式(6)代入式(1), 矩形断面流量相对误差分别为:

$$\delta_{曼}=(2h/B+1)^{2/3}-1 \quad (8)$$

$$\delta_{史}=(2h/B+1)^{1/2}-1 \quad (9)$$

将式(7)代入式(2), 等腰三角形断面流量误差分别为:

$$\delta_{曼}=(2\sqrt{4h^2/B^2+1/4})^{2/3}-1 \quad (10)$$

$$\delta_{史}=(2\sqrt{4h^2/B^2+1/4})^{1/2}-1 \quad (11)$$

由于天然河道绝大部分宽深比都大于 1, 根据式(6)~(11)可知, 曼宁公式法和史蒂文斯法计算流量相对误差皆大于零, 表明用断面平均水深 h 直接代替水力半径 R 计算的流量都偏大。

根据式(8)~(11)分析得出不同断面不同宽深比所对应的流量计算误差(见表 1 和表 2)。参照文献[1], 一、二类精度水文站水力因素法定线精度的误差不超过 2%, 为满足规范要求, 采用曼宁公式法计算时, 矩形断面宽深比 B/h 应大于 66.3, 等腰三角形应大于 16.2; 用史蒂文斯法计算时, 矩形断面宽深比 B/h 应大于 49.5, 等腰三角形应大于 13.9。以断面平均水深 h 代替水力半径 R 计算, 结果显示史蒂文斯法计算流量误差要小于曼宁公式法。

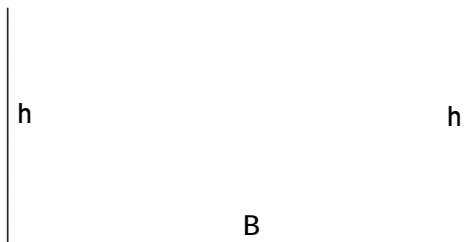


图 1 矩形断面示意图
Fig.1 The diagram of rectangular section

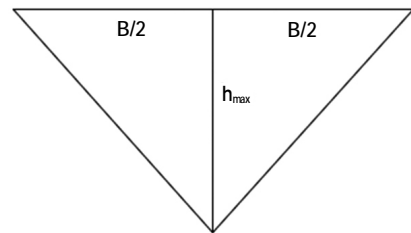


图 2 等腰(直角)三角形断面示意图
Fig.2 The diagram of isosceles (right angle) triangle section

表 1 曼宁公式法 $B/h-\delta$ 关系表
Table1 The $B/h-\delta$ relation of Manning formula method

B/h	150	133	100	67.3	66.3	40	30	20	16.2	14.1	10
矩形 $\delta\%$	0.89	1	1.33	1.97	2	3.3	4.4	6.56	8.07	9.25	12.9
等腰三角形 $\delta\%$	0.024	0.03	0.053	0.118	0.121	0.332	0.589	1.32	2	2.62	5.07

表 2 史蒂文斯法 $B/h-\delta$ 关系表
Table2 The $B/h-\delta$ relation of Stevens method

B/h	150	133	100	67.3	66.3	49.5	40	30	20	16.2	14.1	13.9	10
矩形 $\delta\%$	0.66	0.75	1	1.48	1.5	2	2.45	3.28	4.88	5.99	6.85	6.95	9.54
等腰三角形 $\delta\%$	0.018	0.023	0.04	0.089	0.091	0.163	0.249	0.442	0.985	1.49	1.95	2	3.78

3 资料限制条件分析

当有糙率和比降资料时,可点绘 $Z-n$ 关系曲线并延长至高水,由实测大断面资料算得水力半径 R 及 A ,代入曼宁公式实现高水延长。但糙率和比降受外界影响因素较多,如涨水糙率与退水糙率不同,久旱后的洪水与持续的洪水的糙率差别也很大,比降测验误差等较难控制等,导致糙率和比降资料比较散乱^[16,18],不易定线。为了避免糙率和比降资料的散乱,采用点绘水位 $Z-S^{1/2}/n$ 曲线,但需要较多的实测成果,使 $S^{1/2}/n$ 接近于常数,这在间测站或新建测站中实现难度较高。

而史蒂文斯法,利用高水时 Q 与 $AR^{1/2}$ 成线性关系进行外延,只要有断面资料和多次流量资料,即可进行高水延长,该方法对资料限制条件较少^[19]。

4 实例研究

4.1 实例一

4.1.1 基本资料

中国西南山区某一水文站,该站位于峡谷内,河道顺直,河势稳定,落差较大,断面基本呈等腰三角形,水位流量关系为单一曲线,为间测站。2012年该站最高水位 1 522.87m,最低水位 1 517.99m,实测最大流量为 1 080m³/s (1 521.69m),实测最小流量为 42.8m³/s(1 518.06m),实测流量水位年变幅为 3.63m,延长幅度为 32.5%。根据实测大断面资料,最高水位 1 522.87m 相应的断面面积 A 为 356m²,水面宽为 70.5m,平均水深 h 为 5.0m,宽深比为 14.1,为典型的窄深型河道。

4.1.2 曼宁公式法延长

$Ah^{2/3}$ 由实测资料的面积和平均水深得到, $S^{1/2}/n$ 由实测流量 Q 和 $Ah^{2/3}$ 计算求到,水位 $Z-Ah^{2/3}$ 关系和水位 $Z-S^{1/2}/n$ 图见图 3 和图 4,水位 1 522.87m 时 $Ah^{2/3}$ 和

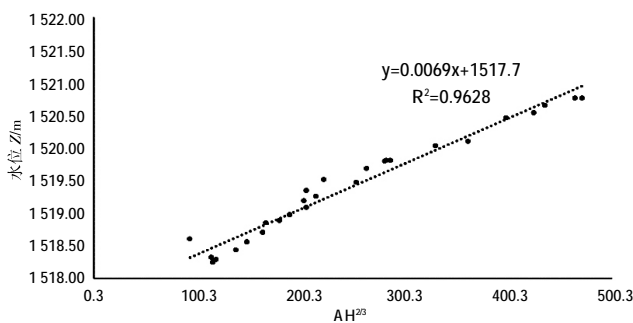


图3 水位 $Z-Ah^{2/3}$ 关系曲线
Fig.3 The stage $Z-Ah^{2/3}$ relation curve

$S^{1/2}/n$ 分别为 749 和 272,由此计算其对应流量为 2 037m³/s。

4.1.3 史蒂文森法延长

根据表 1 和表 2 可知,采用史蒂文斯法进行高水延长时,误差较小,基本可满足水力因素法定线精度要求。根据式(3),采用实测流量、断面面积和平均水深(平均水深代替水力半径)绘制 $Q-Ah^{1/2}$ 关系曲线(见图 5)。将最高水位相应的 $Ah^{1/2}$ 代入方程 $y = 2.2922x - 197.66$,计算流量为 1 630m³/s。

为了进行论证,还采用水位流量关系趋势延长法,断面最大流速采用水位~流速趋势延长,水位 1 522.87m 时流速为 4.41m/s,计算得流量为 1 570m³/s,与史蒂文斯法计算结果十分接近,曼宁公式法延长流量增大,主要原因是测流水位 $Z-S^{1/2}/n$ 曲线趋势不明显,还没有达到 $S^{1/2}/n$ 为常数的水位级,硬性延长任意性太大,曼宁公式法不适用于该站进行高水延长。根据等腰三角形断面宽深比为 14.1 时,高水延长误差较小(接近 2%)满足规范要求,认为用史蒂文斯法进行高水延长结果可靠。

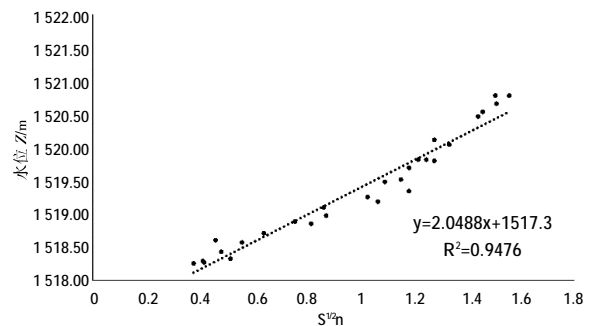


图4 水位 $Z-S^{1/2}/n$ 关系曲线
Fig.4 The stage $Z-S^{1/2}/n$ relation curve

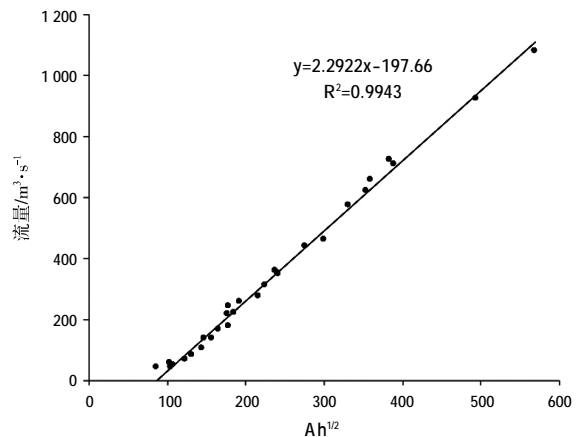


图5 $Q-Ah^{1/2}$ 关系曲线
Fig.5 The $Q-Ah^{1/2}$ relation curve

4.2 实例二

4.2.1 基本资料

巴基斯坦吉拉姆河某处,该站位于高山峡谷内,测验河段顺直,测流断面呈V型(见图6),水位流量关系为单一曲线。2017年对该河段进行历史洪水调查和流量测量,历史洪水调查最高水位448.18m,中方实测最大流量为1370m³/s(429.18m)。根据实测断面资料,最高水位448.18m相应的断面面积A为2846.5m²,水面宽B为154.3m,平均水深h为18.5m,宽深比为8.3。

4.2.2 曼宁公式法延长

Ah^{2/3}由实测资料的面积和平均水深得到(见图7),S^{1/2}/n由实测流量Q和Ah^{2/3}计算求到并趋于常数(见图8),水位448.18m时Ah^{2/3}和S^{1/2}/n分别为5247和0.8,由此计算其对应流量为4198m³/s。

4.2.3 史蒂文森法延长

根据绘制的Q-Ah^{1/2}关系曲线(见图9),将最高水位相应的Ah^{1/2}带入方程y=1.1499x-99.939,计算流量

为13959m³/s。计算结果与当地水文部门发布的该年最大洪峰流量(14730m³/s)相近,认为推求结果合理。曼宁公式法高水延长流量计算结果错误,分析主要原因是实测流量均为常遇洪水,断面形态、植被等基本一样,实测水位以上灌木和乔木分层明显对糙率影响明显,用实测流量计算的糙率不能全面真实的反映高水的情况^[20]。

5 结论

文本从形态断面对基础资料要求两方面,对常用的曼宁公式法和史蒂文斯法进行系统误差和边界条件分析,在使用曼宁公式法和史蒂文斯法进行高水延长时不能忽视宽深比及形态断面。要满足一、二类精度水文站水力因素法定线精度的误差不超过2%的规范要求,曼宁公式法,矩形断面宽深比B/h应大于66.3,等腰三角形应大于16.2;史蒂文斯法,矩形断面宽深比B/h应大于49.5,等腰三角形应大于13.9。史蒂

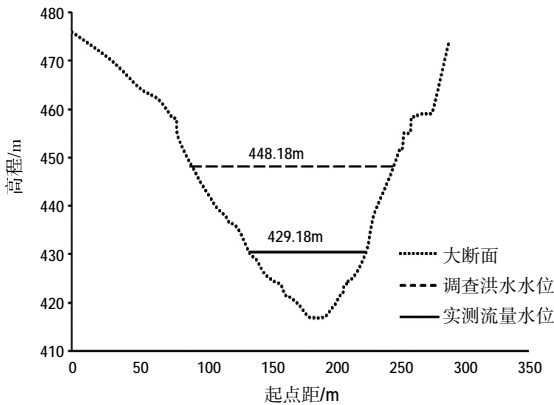


图6 调查处大断面
Fig.6 The cross-section at the investigation place

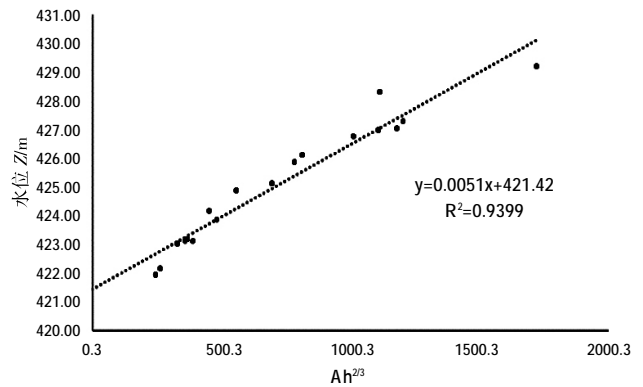


图7 调查处 Z-Ah^{2/3} 水位关系曲线
Fig.7 The Z-Ah^{2/3} relation curve at investigation place

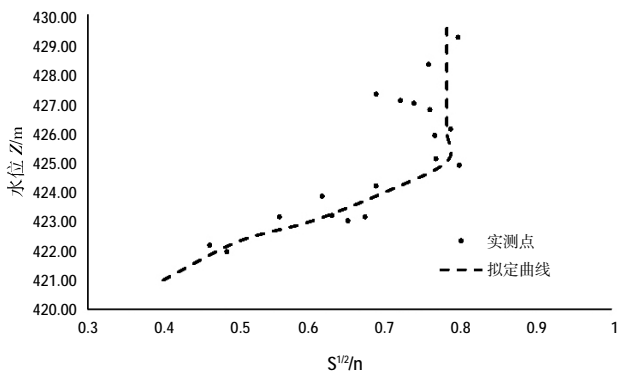


图8 调查处 Z-S^{1/2}/n 关系曲线
Fig.8 The Z-S^{1/2}/n relation curve at investigation place

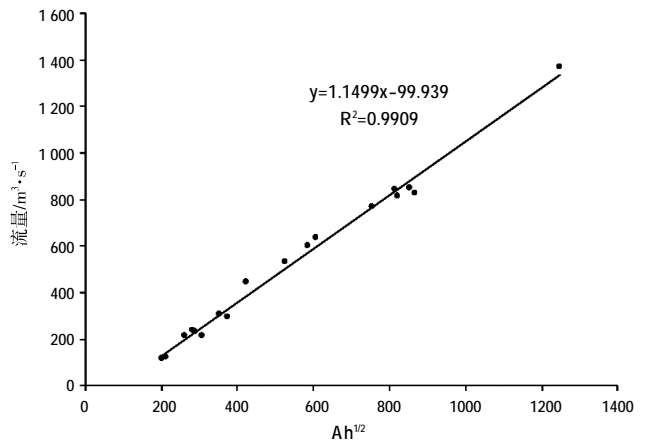


图9 调查处 Q-Ah^{1/2} 关系曲线
Fig.9 The Q-Ah^{1/2} relation curve at investigation place

文斯法在误差范围、资料限制条件,特别在峡谷型河道高水延长等方面都优于曼宁公式法,史蒂文斯法适用性更广。

参考文献:

- [1] SL247-2012,水文资料整编规范[S]. (SL247-2012, Code for Hydrologic Data Processing [S]. (in Chinese))
- [2] 赵志贡,岳利军,赵彦增,等. 水文测验学[M]. 郑州:黄河水利出版社, 2005:49. (ZHAO Zhigong, YUE Lijun, ZHAO Yanzeng, et al. Hydrometry [M]. Zhengzhou: Yellow River Conservancy Press, 2005:49. (in Chinese))
- [3] 李文杰,陈望春. 单一水位流量关系曲线高水延长方法探讨[J]. 浙江水利科技, 2002,4:48-49. (LI Wenjie, CHEN Wangchun. Discussion on high water extension method of single water level-flow relation curve [J]. Zhejiang Hydropower, 2002,4:48-49. (in Chinese))
- [4] 冯竹玲. 水文站水位流量关系线高水延长方法探讨 [J]. 科学展望, 2016,25:103. (FENG Zhulin. Discussion on high water extension method of water level-flow relation line of hydrological station [J]. Scientific Prospects, 2016,25:103. (in Chinese))
- [5] 刘汉臣,陈玉敏. 江桥水文站水位流量关系曲线高水延长方法[J]. 黑龙江水专学报, 1999,1:41-42. (LIU Hanchen, CHEN Yumin. The prolonging method of high-level water in the curve of water level and flow at Jiangqiao hydrologic observation station [J]. Journal of Heilongjiang Hydraulic Engineering College, 1999,1:41-42. (in Chinese))
- [6] 徐鸿昌,何旭东,朱锦华. 高水延长法在柿树岭水文站的应用[J]. 浙江水利水电专科学校学报, 2009,21(1):24. (XU Hongchang, HE Xudong, ZHU Jinhua. High-head extending algorithm in Shishuling hydrologic station [J]. Journal of Zhejiang Water Conservancy and Hydropower College, 2009,21(1):24. (in Chinese))
- [7] 杨小力. 高水延长法在小罗水文站的应用 [J]. 广东水利水电, 2010,6:4-5. (YANG Xiaoli. Application of high water extension method in Xiaoluo hydrological station [J]. Water Conservancy and Hydropower in Guangdong Province, 2010,6:4-5. (in Chinese))
- [8] 唐健奇,韩长峰. 单一水位流量关系曲线高水延长方法探讨[J]. 广东水利水电, 2008,4:26-27. (TANG Jianqi, HAN Changfeng. Discussion on high water extension method of single water level-flow relation curve [J]. Water Conservancy and Hydropower in Guangdong Province, 2008,4:26-27. (in Chinese))
- [9] 程银才,范世香. 水位流量关系曲线高水延长方法新探讨[J]. 水电能源科学, 2011,29(7):8-9. (CHEN Yincui, FAN Shixiang. Discussion on extending of high water level for discharge rating curve [J]. Water Resources and Power, 2011,29(7):8-9. (in Chinese))
- [10] 喇承芳,陈国梁,郭西军. 黄河安宁渡水位~流量关系曲线高水延长分析探讨[J]. 甘肃水利水电技术, 2010,46(11):4-5. (LA Chengfang, CHEN Guoliang, GUO Xijun. Analysis and discussion on the extension of high-water level discharge curve in An'ningdu of the Yellow River [J]. Gansu Water Conservancy and Hydropower Technology, 2010,46(11):4-5. (in Chinese))
- [11] 姚德贵,宋晓波. 水位~流量关系曲线高水延长分析探讨[J]. 水利水电工程设计, 2009,28(3):26-27. (YAO Degui, SONG Xiaobo. Analysis and discussion on the extension of high-water level discharge curve [J]. Water Conservancy and Hydropower Engineering Design, 2009,28(3):26-27. (in Chinese))
- [12] 苏启东,闫永新,崔传杰,等. 黄河高村、孙口站漫滩洪水高水延长方法的研究[J]. 水文, 2000,20(6):37-41. (SU Qidong, YAN Yongxin, CUI Chuanjie, et al. Study on the method of flood high-water extension in Gaocun and Sunkou stations of the Yellow River [J]. Journal of China Hydrology, 2000,20(6):37-41. (in Chinese))
- [13] 宋运凯,栗颜博. 乌云河东风站水位流量关系曲线高水延长计算分析 [J]. 水利科技, 2015,29:215-216. (SONG Yunkai, LI Yanbo. Calculation and analysis of water level discharge curve of Dongfeng station in Wuyun River [J]. Water Conservancy Technology, 2015,29:215-216. (in Chinese))
- [14] 刘涛. 基于 Matlab 水位-流量关系曲线的高水延长 [J]. 南方农业, 2015,9(27):240-241. (LIU Tao. Extension of high water level based on MATLAB water level discharge curve [J]. South China Agriculture, 2015,9(27):240-241. (in Chinese))
- [15] 付晓忠,沈会君. 水位流量关系单一曲线延长方法的探讨[J]. 吉林水利, 2009,3:33-34. (FU Xiaozhong, SHEN Huijun. Discussion on the extension method of single curve of water level discharge relationship [J]. Jilin Water Resources, 2009,3:33-34. (in Chinese))
- [16] 林宗信. 曼宁公式计算流量的误差分析 [J]. 水电能源科学, 2018,26(1):95. (LIN Zongxin. Error analysis of flow computation by Gradient area law [J]. Hydropower Energy Science, 2018,26(1):95. (in Chinese))
- [17] 贾界峰,赵井卫,陈客贤. 曼宁公式及其误差分析 [J]. 山西建筑, 2010,36(7):313-314. (JIA Jiefeng, ZHAO Jingwei, CHEN Kexian. Manning's formula and error analysis [J]. Shanxi Architecture, 2010,36(7):313-314. (in Chinese))
- [18] 袁世琼. 天然河道的糙率计算[J]. 水电站设计, 1997,13(1):83-84. (YUAN Shiqiong. Calculation of roughness of natural river [J]. Design of Hydropower Station, 1997,13(1):83-84. (in Chinese))
- [19] 马经安. 单一水位流量关系曲线高水延长方法分析 [J]. 水利水电快报, 2017,38(6):27. (MA Jing'an. Analysis of high-water extension method for single stage discharge curve [J]. Express Water Resources & Hydropower Information, 2017,38(6):27. (in Chinese))
- [20] 高鹏. 头道沟站糙率分析研究 [J]. 新疆水利, 2017,3:27. (GAO Peng. Study on roughness analysis of Toudaogou station [J]. Xinjiang Water Resources, 2017,3:27. (in Chinese))

(下转 37 页)

- Engineering, 2017,28(4):40-44. (in Chinese))
- [8] 沈瑞. 城市河道排涝与管渠排水标准衔接研究 [J]. 工程与建设, 2014,28(4):455-457. (SHEN Rui. Study on the connection of urban waterlogging and drainage standards of pipelines and channels [J]. Engineering and Construction, 2014,28(4):455-457. (in Chinese))
- [9] 马姗姗. 海口市水利排涝与市政排水关系分析[D]. 天津:天津大学, 2014. (MA Shanshan. Study on the Relationship between Waterlogged Drainage System and Municipal Drainage System in Haikou City [D]. Tianjin: Tianjin University, 2014. (in Chinese))
- [10] GB50014—2006, 室外排水设计规范 [S]. (GB50014—2006, Code for Design of Outdoor Wastewater Engineering [S]. (in Chinese))
- [11] 詹道江,徐向阳,陈元芳. 工程水文学(第四版)[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2012. (ZHAN Daojiang, XU Xiangyang, CHEN Yuanfang. Engineering Hydrology(The Fourth Edition) [M]. Beijing: China Water Resources and Hydropower Publishing House, 2012. (in Chinese))
- [12] 戴晶晶, 刘增贤, 陆沈钧. 基于数值模拟的城市内涝风险评估研究——以苏州市城市中心区为例 [J]. 中国水利, 2015,(13):20-23. (DAI Jingjing, LIU Zengxian, LU Shenjun. Risk -assessment of city waterlogging based on numerical simulation——case study on urban center of Suzhou [J]. China Water Resources, 2015,(13):20-23. (in Chinese))
- [13] 侯精明,郭凯华,王志力,等.设计暴雨雨型对城市内涝影响数值模拟[J].水科学进展, 2017,28(6):820-828. (HOU Jingming, GUO Kaihua, WANG Zhili, et al. Numerical simulation of design storm pattern effects on urban flood inundation [J]. China Advances in Water Science, 2017,28(6):820-828. (in Chinese))

Waterlogging Risk Assessment Based on SWMM in Zhangjiagang City

WU Peilin¹, YU Fangqin², WANG Ting³, LIU Jun¹

(1.College of Hydrology and Water Resources ,Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Pukou District Water Authority of Nanjing City, Nanjing 211800, China; 3. Qinhuangdao Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Qinhuangdao 066000, China)

Abstract: Under the frequent waterlogging disasters in urban area, it is important to evaluate its risk of drainage and flood prevention. This paper constructed drainage and flood prevention based on SWMM in Zhangjiagang, and proposed the integrated rainfall pattern that is suitable for urban drainage systems based on the different needs of drainage systems. taking it as the upper boundary to apply in the model, then drawing the depth and return period maps of water accumulation distribution of 5,10 and 20 years respectively. Besides, this paper applied an index system method to define the risk levels of drainage and flood control according to the depth of inland water, the time of water accumulation, and the sensitivity of the location, and drew the waterlogging risk map of different return periods, then analyzed its causes. The results indicate that the risk grade is low in most regions of Zhangjiagang City while it is high in crowded areas. The disaster classification and area upgrade with the increase of rainfall in Zhangjiagang City.

Key words: urban drainage and flood control; risk assessment; SWMM model; integrated rain pattern

(上接第 16 页)

Comparative Analysis of High Water Extension between Manning Formula Method and Stevens Method

DENG Songlin, ZHOU Li, LIU Qisong, XU Zhi, LIU Yingwu

(Jingjiang Bureau of Hydrology and Water Resources Survey, Changjiang Water Resources Commission, Jingzhou 434000, China)

Abstract: Aiming at the error caused by Manning formula method and Stevens method in calculating the discharge in the high water prolong, the hydraulic radius R is replaced by the mean depth h of section. This paper analyzed the errors and boundary conditions of the two methods in application according to different cross sections. In order to meet the standard requirement that the line accuracy error of hydraulic factor method for hydrological stations of type I and II accuracy should not exceed 2%, the width-depth ratio of rectangular section and isosceles (right-angled) triangle section should be greater than 66.3 and 16.2 respectively in Manning formula; the width-depth ratio of rectangular and isosceles (right-angled) triangle section should be greater than 49.5 and 13.9 respectively in Stevens method. Manning formula method needs to calculate data point of inflection ($S^{1/2}/n$), which has relatively high requirement from basic data. The results consider that Stevens method takes advantage in smaller calculation error range, lower requirement of basic data and wider applicability when compared with Manning formula method.

Key words: Manning formula; Stevens method; high water extension; error analysis