

苏州河干流防洪水位的数值计算

徐祖信 卢士强 林卫青

(上海市环境科学研究院 ,上海 200233)

摘要 利用一维河网模型系统 MIKE11 建立苏州河水系水文模型和河网水动力模型 ,模型率定结果表明 ,干流模拟水位与实测结果非常吻合 ,所建模型可以准确反映苏州河水系的水动力条件 .考虑上游洪水位、区间暴雨和下游高潮位遭遇的不利组合 ,进行苏州河干流最高防洪水位的数值计算 ,计算结果可为苏州河环境综合整治二期工程——防汛墙的改造提供科学依据 .

关键词 苏州河 ;防洪水位 ;水文模型 ;水动力模型 ;MIKE11

中图分类号 P333.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-198X(2006)02-0148-04

苏州河是太湖与黄浦江的主要联系水道之一 ,全长 125 km. 目前该河流具有泄洪排涝、航行运输、工业用水、农田灌溉、水产养殖等多种水体功能^[1] ,将来 ,苏州河沿岸将发展商业、贸易、金融等第三产业 .从长期规划看 ,苏州河的休闲和景观功能也需要恢复和发展^[2] .

苏州河干流防汛墙是保障苏州河两岸及苏州市区防汛安全的主要措施 .苏州河河口建闸挡潮后 ,充分利用挡潮闸的功能 ,控制苏州河最高水位 ,可以降低苏州河两岸防汛墙墙顶高程 ,扩大视野 ,缩小苏州河内河高、低水位差 ,改善景观 .因此 ,防汛墙的改造是苏州河环境综合整治二期工程中的重要环节^[3] ,而苏州河最高防洪水位的确定是防汛墙改造的前提 .

本文利用一维河网模型系统 MIKE11 建立苏州河水系河网水文、水动力模型 ,按一定的标准设计暴雨及上下游边界的不利组合 ,以计算苏州河干流的最高防洪水位 .

1 水文、水动力模型

1.1 水文模型

NAM 模型是一个集总式的概念型水文模型 ,是 MIKE11 的组成部分 .NAM 模型将地表径流、壤中流和基流作为 4 个蓄水区含水量的函数 ,通过一系列相互连接的数学表述来定量描述水文过程^[4] ,见图 1 .

本文利用 NAM 模型建立全市河网的水文模型 ,集水域划分见图 2 .限于篇幅 ,水文模型的原理、求解、率定方法和过程不再给出 ,部分流域的率定结果见表 1^[5] .

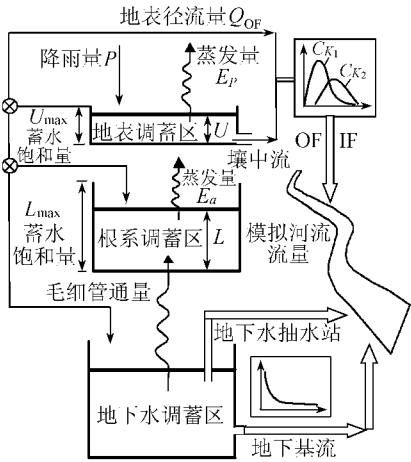


图 1 NAM 模型原理

Fig.1 Principle of NAM model

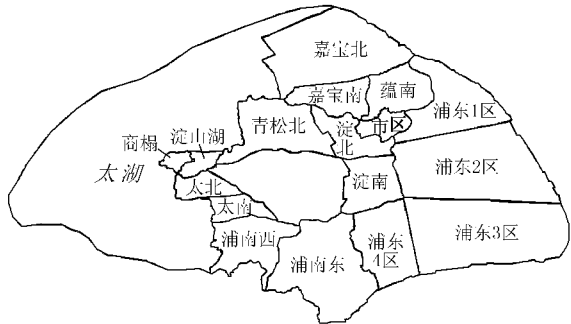


图 2 水文模型集水域划分

Fig.2 Sub-catchment division for NAM model

表 1 部分流域主要参数取值

Table 1 Parameters of sub-catchments

集水域	U_{max}	L_{max}	综合径流系数	
			C_{QOF}	C_{K12}/h
嘉宝北(北)	8	80	0.45	6
嘉宝北(南)	8	70	0.42	6
青松北片	10	100	0.42	6
青松南片	10	80	0.40	7
浦南东片	15	150	0.33	8

1.2 水动力模型

一维明渠非恒定渐变流的基本方程组是圣维南方程组^[6]:

$$\begin{cases} \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \\ \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q |Q|}{C^2 AR} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中: x ——距离坐标; t ——时间坐标; A ——过水断面面积; Q ——流量; h ——水位; q ——旁侧入流流量; C ——谢才系数; R ——水力半径; g ——重力加速度。

利用 Abbott 六点隐式格式离散控制方程组(1)并进行求解。对全市河网尤其是苏州河水系进行河道概化。模型共概化河道 155 条, 闸门 70 余座, 泵站 50 余座, 如图 3 所示。

考虑到模型计算的稳定性及模型运行时间的要求, 时间步长取 5 min, 空间步长取 50 ~ 2 500 m。采用第 3 次综合调水试验期间的实测水位、流量资料, 对所建立的河网水动力模型进行率定。黄浦江干流的糙率系数为 0.020 ~ 0.028, 苏州河干流的糙率系数为 0.02 ~ 0.06, 其他河道糙率系数取 0.02 ~ 0.04^[7-8]。

限于篇幅, 图 4 仅给出苏州河干流部分典型断面的水位率定结果。

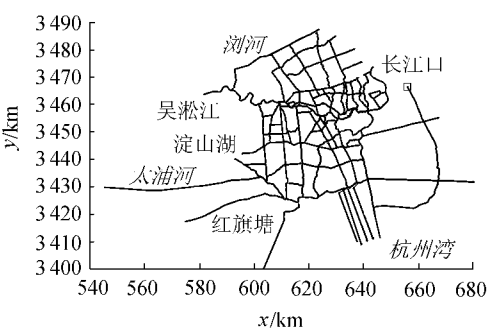


图 3 上海市河网概化
Fig.3 River networks for Shanghai

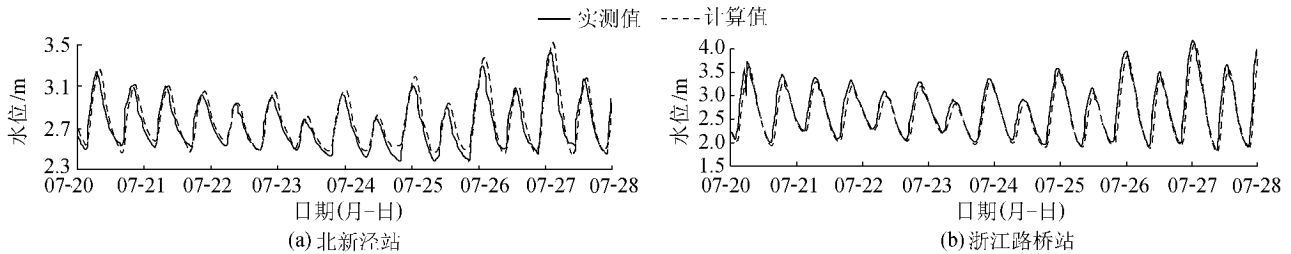


图 4 苏州河干流 1999 年水位实测值与计算值比较

Fig.4 Comparison of simulated water level and measured data of Suzhou Creek in 1999

由率定结果可知, 苏州河干流的北新泾站、浙江路桥站的计算结果与实测值吻合较好, 水位相对误差基本在 10% 以内, 平均相对误差小于 5%。

2 苏州河干流防洪水位的数值计算

苏州河口吴淞路桥建闸以后, 黄浦江超标准高潮被挡在闸外, 闸内水位主要受吴淞江上游控制水位及干流沿线大量的城市排水泵站、支流翻水泵站的影响。

上海地处太湖流域下游, 是一个频繁受热带风暴影响的地区。一旦风暴潮和上游梅雨型洪水或暴雨型涝水遭遇, 防汛形势更为严峻。因此, 在研究上海城市地区的防洪排涝问题时, 其防洪水位的计算必须考虑上游边界高水位、下游高潮位和区间降雨遭遇的情况。

以上游洪水、下游风暴潮和区间暴雨三碰头的情况作为最不利组合, 应用河网水文、水动力模型进行防洪水位的数值计算。

2.1 上下游边界的确定

苏州河上游边界定在离苏州河河口 69 km 处的周巷水文站。该站附近河道已与淀泖区大片湖群、河网相连, 水位相对较为稳定, 受潮汐影响较小。

下游边界定在黄浦江吴淞口, 该站具有长期可靠的实测潮位资料, 潮位统计结果如表 2 所示。

2.2 区间降雨

区间降雨采用《上海市防洪排涝规划》

表 2 黄浦江吴淞口潮位统计

Table 2 Statistics of tidal water level
for Wusong station of Huangpu River

频率/%	50	20	10	5	2	1	0.1
年最高潮位/m	4.74	5.27	5.45	5.63	5.85	6.01	6.52

中规定的城市排涝设计的标准雨型——“63.9”雨型,最大24 h平均面降雨量200 mm,相当于20年一遇的降雨标准,其中最大1 h暴雨量为36 mm,符合城市雨水泵站1年一遇降雨强度的设计标准,如图5所示。

2.3 苏州河干流沿线雨水泵站流量计算分析

苏州河干流沿线现有37座城市雨水泵站,铭牌装机容量236 m³/s,服务面积45.91 km²。其中18座为泵后截流,截流能力为32 m³/s,因此实际雨水排放能力为204 m³/s。

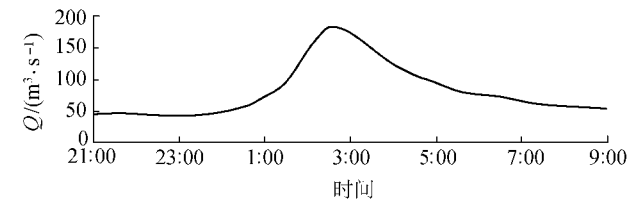


图6 市政雨水泵站暴雨期间排水流量过程线
Fig.6 Graph of total discharge of rainwater pumping stations during rainstorms

利用“63.9”暴雨进行市政泵站排水计算的结果如图6所示。现状情况下,所有直排苏州河干流的市政泵站的瞬时排水总流量的最大值为190 m³/s,由于没有考虑城市地区暴雨时空分布的不均匀性,计算结果偏于安全。

2.4 支流翻水泵站

对苏州河水系产生直接影响的只有嘉宝北片、青松大控制片、蕴南片、淀北片和老市区。苏州河沿线支流现有以及规划的翻水泵站的排水流量和片内控制水位如表3所示。

根据上海市各水利分片防汛调度办法,将各水利分片的内河水位预降至控制水位下限值;暴雨过程中,直排苏州河的支流泵闸则不加限制,能排则排。

2.5 计算方案

本文研究方案将采用上游洪水位、下游高潮位和区间暴雨遭遇的最不利组合进行苏州河干流最高防洪水位的计算(表4)。

2.6 结果分析

最不利组合情况下,苏州河干流沿程最高水位包络线如图7所示。

几个典型断面的最高防洪水位的计算结果如表5所示,此水位值即可作为苏州河干流防汛墙的墙顶标高(城建吴淞基面)。

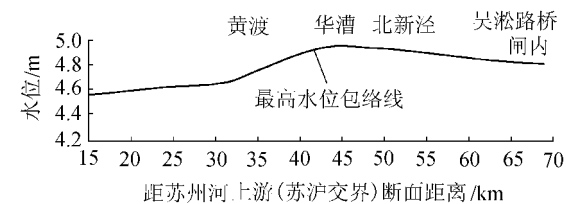


图7 苏州河干流沿程最高水位包络线
Fig.7 Maximal flood control level along Suzhou Creek

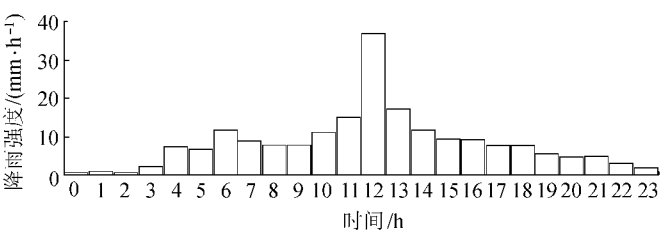


图5 “63.9”雨型降雨强度分布
Fig.5 Hourly distribution of “63.9” rainstorm

根据《上海市防洪(排水)规划——雨水排水专业规划》,苏州河沿线16座泵站需要改造扩容,并新增凯旋路排水系统,规划后总装机容量为300 m³/s,服务面积49.38 km²。

当设计暴雨发生时,流域的前期土壤湿润情况未知,可能很干,也可能很湿。由于上海属于湿润地区,汛期雨量充沛,土壤长期处于蓄满或接近蓄满的状态,因此,模型计算时,水文模型主要变量的初始值应使土壤处于近似饱和状态,模型计算结果偏安全。

表3 苏州河沿线支流规划泵站汇总

Table 3 Pumping stations along branches of Suzhou Creek				
汇水范围	汇水面积/ km ²	直排苏州河 支流泵站流量/ (m ³ ·s ⁻¹)	向苏州河 排水控制 水位/m	
蕴南片4条干河排水区	82.48	10.0	3.0	
淀北片	151.50	140.4	3.0	
桃浦河	51.49	7.0	3.3	
嘉宝北片(蕴藻浜以南)	157.70	73.6	3.3	
青松大控制片(淀浦河以北)	317.30	69.0	3.3	

表4 苏州河干流防洪设计水位计算方案

Table 4 Computation cases for flood control level of Suzhou Creek				
计算方案	上游洪水位	下游潮位	区间降雨	区间排水泵站
最不利 组合方案	4.25 m (100年一遇)	4.74 m (2年一遇)	20年一遇 暴雨	规划排水 容量

表5 苏州河干流沿程最高防洪水位计算结果
Table 5 Simulated results of maximal flood control level along Suzhou Creek

断面	河口闸内	曹家渡	北新泾	华漕	黄渡	赵屯
最高防洪水位/m	4.80	4.85	4.92	4.95	4.76	4.57

3 结 论

本文利用一维河网模型系统 MIKE11 建立上海市内陆河网的水文、水动力模型 ,重点分析和模拟了苏州河干流在遭遇一定频率的上游边界高水位、下游高潮位和区间暴雨的不利组合下的最高防洪设计水位 ,计算结果准确可靠 ,可以为苏州河干流防汛墙的改造提供依据 .

参考文献 :

[1] 阮仁良 . 上海市水环境研究 [M]. 北京 : 科学出版社 ,2000 :26-27 .
[2] 徐祖信 . 河流污染治理技术理论与实践 [M]. 北京 : 中国水利水电出版社 ,2003 :44-49 .
[3] 徐祖信 ,廖振良 ,卢士强 . 苏州河环境综合整治二期工程目标分析 [J]. 上海环境科学 ,2003 ,23(2) :75-79 .
[4] 卢士强 . 平原感潮河网水环境数学模型研究与应用 [D]. 上海 : 同济大学 ,2003 .
[5] 徐祖信 ,卢士强 . 平原感潮河网水动力模型研究 [J]. 水动力学研究与进展 ,2003 ,18(2) :187-191 .
[6] XU Zu-xin ,LU Shi-qiang . Study on hdrodynamic model for tidal plain river-networks[J]. Journal of Hydrodynamics Ser B ,2003 ,15(3) :64-70 .
[7] 徐祖信 ,卢士强 . 苏州河综合调水的流量计算分析 [J]. 上海环境科学 ,2003(增刊) :36-38 .
[8] 徐祖信 . 河流污染治理规划理论与实践 [M]. 北京 : 中国环境科学出版社 ,2002 :342-348 .

Numerical computation of flood control level for Suzhou Creek

XU Zu-xin , LU Shi-qiang , LIN Wei-qing

(Shanghai Academy of Environmental Science , Shanghai 200233 , China)

Abstract :A hydrological and hydrodynamic model for river network of Suzhou Creek was established by use of MIKE11 . The calibrated results show that the simulated water level for the mainstream agrees with the measured data very well . Therefore , the model developed is effective for simulation of the hydrodynamic characteristics of Suzhou Creek . Then , the maximal floodcontrol level of Suzhou Creek was simulated under disadvantageous combination of upstream flood level , local storm , and downstream high tide . The simulated results are accurate and reliable , and can provide a scientific basis for rebuilding of flood prevention wall in phase II of Suzhou Creek regulation project .

Key words Suzhou Creek ; flood control level ; hydrological model ; hydrodynamic model ; MIKE11