

河口城市主要河道防洪标准研究 ——以上海市黄浦江为例

王建生¹, 刘晨宇^{2,3}

(1. 上海市堤防泵闸建设运行中心, 上海市 200050; 2. 上海市水利工程设计研究院有限公司, 上海市 200232;
3. 上海市水务局防汛减灾工程技术研究中心, 上海市 200232)

摘要: 河口城市主要河道一般受上游洪水、本地暴雨、下游潮水的共同作用, 确定此类河道的防洪标准时, 需在传统路径基础上考虑区域及水文特性。以黄浦江为例, 结合防洪能力提升需要, 通过与国内外同等级城市及周边城市的防洪标准对比、适应性水情场景设计、高精度感潮河网模型和城市漫流模型的构建与模拟, 对防洪标准确定原则和技术方法进行了优化, 最终确定其防洪标准为市区段维持1 000 a一遇, 上游干流段由50 a一遇提升至100 a一遇。

关键词: 上海; 黄浦江; 感潮型河口城市; 防洪标准

中图分类号: TV87

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)08-0190-05

Research on Flood Control Standards for Major Waterways in Estuarine Cities for Huangpu River in Shanghai

WANG Jiansheng¹, LIU Chenyu^{2,3}

(1. Shanghai Dike Pump Lock Construction and Operation Center, Shanghai 200050, China; 2. Shanghai Water Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Shanghai 200232, China; 3. Shanghai Water Affairs Bureau Flood Control and Disaster Reduction Engineering Technology Research Center, Shanghai 200232, China)

Abstract: Major rivers in estuarine cities are typically influenced by upstream floods, local rainfall and downstream tides. The determination of flood control standards for these rivers must consider the regional characteristics and hydrological conditions on the basis of the traditional path. Taking the Huangpu River as an example, combined with the need for upgrading the flood control capacity, by comparing the flood control standards of comparable cities at home and abroad and the neighboring cities, designing the adaptive hydrological scenarios, constructing and simulating the high-precision tidal river network model and urban sheetflood model, the determination principle and technical method of flood control standard are optimized. It is finally determined that the flood control standard for the urban section would be maintained at once every 1,000 a, and for the upstream main stream section world be raised from once every 50 a to once every 100 a.

Keywords: Shanghai; Huangpu River; tidal estuarine cities; flood control standards

0 引言

黄浦江横穿上海市区, 上连太湖, 下通长江口, 是太湖流域最大的排江河流, 同时也是太湖流域沿长江唯一未建控的支流, 具有行洪除涝、供水、排水、航运等重要作用^[1]。

作为典型感潮河网区域干河, 黄浦江受强潮影

响每日两潮涨落, 极端天气事件下, 容易出现台风、暴雨、高潮位、洪水等多种洪涝灾害的共同作用, 导致水位雍高。近年来, 黄浦江水位出现趋势性抬高, 黄浦江上游段历史最高水位不断刷新。虽然近半个世纪以来黄浦江防汛墙已经历了5次加高加固, 但现状堤防防御能力已达不到原规划标准要求, 大部分岸段原设防水位对应的重现期已不足200 a, 部分岸段已不足10 a, 黄浦江防洪能力提升任务迫在眉睫。

在此背景下, 设防标准的确定成为了防洪能力提升的基础和前提。本文基于黄浦江水情特征及堤防实际防御能力评估成果, 总结了适应超大城市感

收稿日期: 2024-10-31

作者简介: 王建生(1980—), 男, 本科, 高级工程师, 从事城市防洪工程前期和建设管理工作。

通信作者: 刘晨宇(1994—), 男, 硕士, 工程师, 从事城市防汛减灾、水系统更新相关规划与研究工作。电子邮箱: 799877679@qq.com

潮河道的防洪标准确定原则,结合上位规划要求、淹没情景模拟和周边城市防洪标准,最终确定了黄浦江的防洪标准,为同类规划和项目提供经验参考。

1 防洪工程现状及存在问题

黄浦江干流段总长约89.4 km,河宽300~770 m,河道面积40.65 km²,占全市河湖面积的6.6%;河底高程普遍为-10~-20 m,槽蓄容量3.65亿 m³,占全市槽蓄容量的27.8%。现状防洪体系主要由两岸堤防组成。市区段堤防总长283.07 km,设计标准为由水电部(84)水电水规字第94号文批示的千年一遇。上游段堤防总长55.87 km,设计标准为50 a一遇^[1-2]。

黄浦江地理区位及分段示意图见图1。

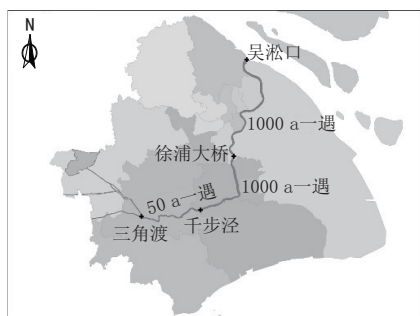


图1 黄浦江地理区位及分段示意图

2021年“烟花”台风期间,上海出现“风、暴、潮、洪”四碰头灾害,黄浦江自徐浦大桥起上游全线超警,尤其是中上游段两岸多处发生了堤顶漫溢、堤顶越浪、墙身渗水等险情,共造成上海市40万人受灾,直接经济损失达7.77亿元^[3]。“烟花”台风后开展的水文频率分析结果显示,黄浦江堤防实际防御能力下降明显,下游段从1 000 a一遇降至300~100 a一遇;上游段则降至50 a一遇以下,其中徐浦大桥70 a、吴泾站约27 a、金汇港北闸23 a、千步泾20 a。

基于最新水文频率分析成果的黄浦江实际防御能力评估见图2。

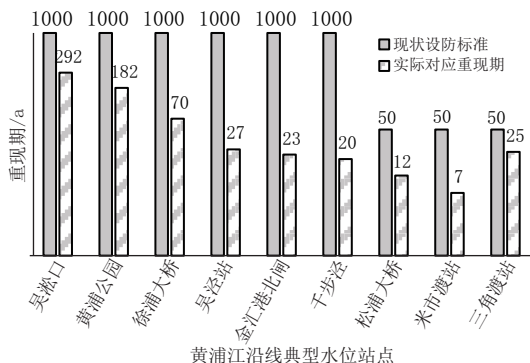


图2 基于最新水文频率分析成果的黄浦江实际防御能力评估

2 黄浦江防洪标准确定原则

目前我国城市防洪标准主要执行《防洪标准》(GB 50201—2014)的规定^[4-5]。标准基于地区重要性及经济性,将防洪标准分为4个防护等级^[6-8]。

确定行洪河道防洪标准时,一般通过设计相应标准的洪水水情,开展溃堤漫溢淹没模拟,计算防洪保护区受淹范围内的常住人口、当年经济规模,最终比对表1来确定防洪标准。对于黄浦江,此类方法存在一定局限性,未能全面考虑到上海地区的特点及区域的水文特性。

表1 防洪标准

防护等级	重要性	常住人口/万人	当量经济规模/万人	防洪标准/a
I	特别重要	≥150	≥300	≥200
II	重要	≥50, <150	≥100, <300	200~100
III	比较重要	<50, ≥20	≥40, <100	100~50
IV	一般	<20	<40	50~20

首先,上海作为超大型国际大都市,常住人口、当量经济规模明显超过表1中的I等防护等级;其次,黄浦江市区段与上游段分别保护的中心城区及上游区域存在较大的发展水平空间差异,二者不建议按统一标准设防;作为感潮河网地区开敞型河流,又是太湖流域下游与长江口相连的泄洪通道,黄浦江整体受潮汐影响明显,每日两涨两落,洪水水情不能表征黄浦江堤防的防御对象。针对这些特殊性,黄浦江防洪标准确定需基于标准方法进行相关优化:

(1)基于黄浦江水文特性设计水情情景,量化特征指标。

(2)基于防洪保护区人口与经济发展状况,采用分段式的防洪标准。

(3)对标其他国际大都市。

(4)与周边城市防洪标准合理衔接。

黄浦江防洪标准确定原则见图3。

3 市区段防洪标准研究

根据《上海市城市总体规划(2017—2035年)》及2023年上海市《政府工作报告》,上海市计划成为具有世界影响力的社会主义现代化国际大都市。全市经济近年来稳中有进、稳中向好,全市生产总值达到4.72万亿元^[9]。

选取中国北京市和深圳市、俄罗斯圣彼得堡市、英国伦敦市、荷兰鹿特丹市、日本东京市、美国纽约

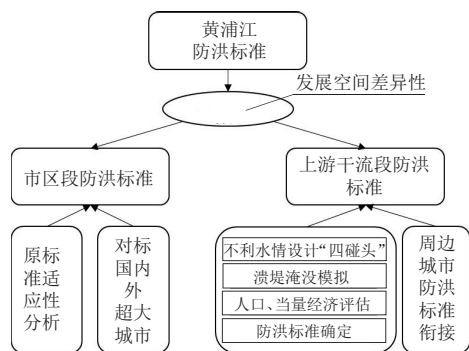


图3 黄浦江防洪标准确定原则

市等与上海市同一层级的超大型城市进行对比。其中,北京市永定河主要受上游洪水影响,最高防洪标准为200 a一遇;圣彼得堡市的涅瓦河、伦敦市的泰晤士河、东京市的隅田川、纽约市的东河、深圳市的深圳河和大沙河以及茅洲河均为典型的潮汐型河道,主要受上游洪水、本地降雨、下游潮水及其组合的水患影响,因此防洪标准也包含防潮标准,大多达到1 000 a一遇层级^[10-12]。

国际大都市防洪标准见表2。

表2 国际大都市防洪标准

国家	城市	防御对象	城市防洪标准
中国	上海	洪、潮	黄浦江市区段1 000 a一遇、上游段50 a一遇
	北京	以洪为主	永定河市区200 a一遇、郊区50~100 a一遇
	深圳	洪、潮	河道防洪100 a一遇、海堤防潮200 a一遇
俄罗斯	圣彼得堡	潮	涅瓦河1 000 a一遇
英国	伦敦	洪、潮	泰晤士河1 000 a一遇
荷兰	鹿特丹	以潮为主	主城区2 000 a一遇
日本	东京	洪、潮	A类河道200 a一遇、B类河道150 a一遇、海塘200 a一遇加3 m安全超高
美国	纽约	洪、潮	主城区构建100 a一遇泛洪区

上海市区段属特别重要的防护对象,根据相关规范,其防洪(潮)标准不能低于200 a一遇。一旦遭受超过防御能力的风暴潮袭击,将会给上海市经济发展、社会稳定和人民生命财产安全带来难以估量的严重后果。因此,根据相关规范和规划要求,结合国内外超大、特大城市防洪标准,推荐黄浦江市区段维持1 000 a一遇城市防洪标准。

4 上游干流段防洪标准研究

2021年,上海市发布青浦、松江等5个新城的总体城市设计成果,明确了各新城规划人口规模和经

济指标。黄浦江上游段保护范围内的松江新城远期规划常住人口110万,青浦新城远期规划常住人口80万。“十四五”期间,上海市进一步明确了5个新城的发展定位和发展目标,并决定加快推进新城建设,举全市之力推动新城发展,5个新城建设来到新阶段^[13-14]。

4.1 防洪保护区划定

我国相关标准规定,在确定防洪标准时,考虑到洪水特征、地形条件的差异性,以及河流、堤防等地物的分隔作用,可划分独立的防洪保护区,各保护区的防洪标准分别确定^[6]。

按照黄浦江上游段堤防走向,结合腹地地形、骨干道路、河道和省市边界布局,将周边区域划分成南北两个防洪保护区。其中南侧防洪保护区西至上海—浙江省界,北至黄浦江,东至南沙港—一俞泾塘,南至中运河—二里泾—胥浦塘,总面积522.7 km²;北侧防洪保护区西至拦路港—斜塘,北至沪渝高速—淀浦河,西至北竹港—北沙港,南至黄浦江,总面积506.6 km²^[15]。

防洪保护区划定范围见图4。



图4 防洪保护区划定范围

4.2 模型构建与情景模拟

本文采用主流水动力模型Mike系列软件,进行上海市河网模型及防洪保护区二维地表漫流模型构建,并进行一二维耦合模型动态耦合模拟计算,以模拟溃堤漫溢进入城镇的动态过程。

一维河网大模型与二维地表漫流模型范围见图5。

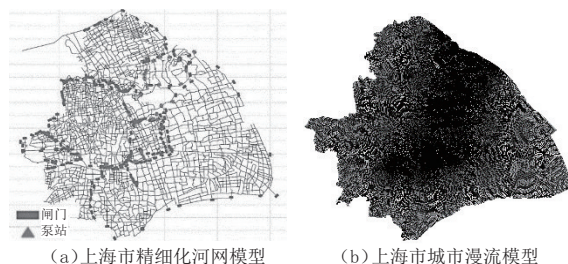


图5 一维河网大模型与二维地表漫流模型范围

一维河网模型包含上海所有区级以上和主要镇级河道。模型包含约2 000条河道,29 470个河网节

点,350余座泵闸。为最大化提高模型的精准程度,该模型结合排水系统和圩区布局,构建了较为精细的产汇流分区。二维地表漫流模型同样选取上海地区范围进行统一计算,城市大范围溃堤情景下可忽略城市排水管网在模型中的作用。

选择中上游段不利场景“烟花”水情作为设计工况,考虑在不改变上游洪水和本地降雨的条件下,调整下游吴淞口潮位,设计米市渡水位达100、200 a一遇。米市渡站设计水位过程线见图6。

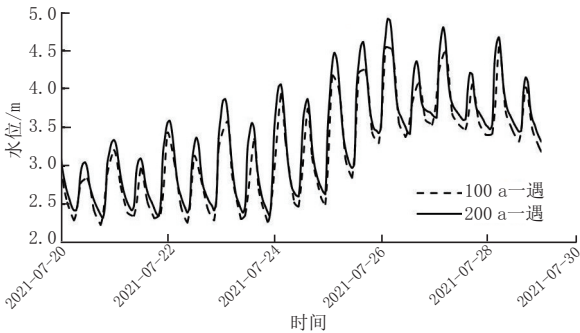


图6 米市渡站设计水位过程线

模型选取2021年黄浦江实测断面并经过“烟花”台风水情率定验证,曼宁系数选取0.016~0.025。二维地表漫流模型结合地表高程分布,曼宁系数选取0.02~0.03,淹没场景选用防洪保护区对应黄浦江河段无堤防情景淹没进行模拟。

防洪保护区淹没情景模拟见图7;不同标准洪水下拦路港一干流段左岸防洪保护区、红旗塘一干流段右岸防洪保护区淹没范围见表3。

表4 不同标准洪水下各防洪保护区淹没范围内常住人口和当量经济统计

黄浦江上游干流段岸段	防洪保护区	总人口/万	人均GDP指数	受灾人口/万		当量经济规模/万	
				100 a一遇	200 a一遇	100 a一遇	200 a一遇
左岸	拦路港一干流段左岸	207	1.20	81.0	99.4	97.2	119.3
右岸	红旗塘一干流段右岸	139	1.46	72.3	81.8	105.6	119.4

黄浦江上游干流段左右岸防洪保护区淹没范围内常住人口均在50万~150万人,当量经济规模均在100万~300万人,因此,可确定黄浦江上游干流段对应的城市防护等级为Ⅱ等,防洪标准为100~200 a一遇。

4.4 周边区防洪标准对比

参考太湖流域防洪规划修编相关内容以及2008年发布的“国务院关于太湖流域防洪规划的批复”,周边城市规划防洪标准均为100~200 a一遇,其中中心城区防洪标准普遍规划为100~200 a一遇,其他地区为100 a一遇。

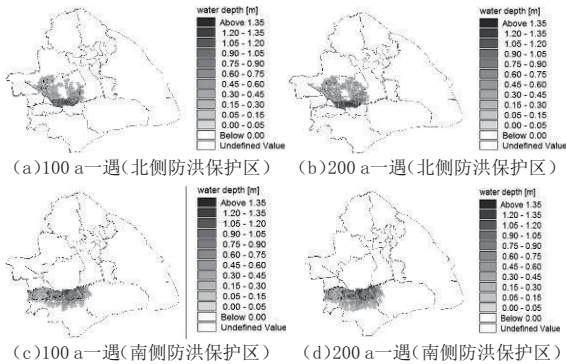


图7 防洪保护区淹没情景模拟

表3 不同标准洪水下各防洪保护区淹没范围 单位:km²

防洪保护区	100 a一遇淹没	200 a一遇淹没
	面积	面积
拦路港一干流段左岸	278.6	340.1
红旗塘一干流段右岸	311.9	373.7

4.3 人口、当量经济核算

2021年中国人均生产总值80 976元。根据上海市及各区统计年鉴,上海市全市常住人口人均生产总值17.36万元/人;青浦区、松江区、金山区人均生产总值分别为10.19万元/人、9.33万元/人、14.37万元/人。

结合青浦区、松江区和区域总体规划,以及青浦新城、松江新城城市总体设计,根据淹没范围人口及当量经济统计,南北两侧防洪保护区受灾人口和当量经济规模(见表4)为:左岸防洪保护区内,100、200 a一遇情景下受灾人口规模分别为81万、99.4万,当量经济规模分别为97.2万、119.3万;右岸防洪保护区内,100、200 a一遇情景下受灾人口规模分别为72.3万、81.8万,当量经济规模分别为105.6万、119.4万。

4.5 防洪标准确定

结合上海市经济社会发展情况及未来定位,根据国家规定、相关规范和规划要求计算量化,同时对标国内外城市防洪标准,推荐黄浦区市区段维持1 000 a一遇城市防洪标准,黄浦江上游干流段防洪标准由50 a一遇提升至100 a一遇。

5 结 语

- (1)黄浦江干流段包含市区段和上游干流段,考虑到保护对象的巨大差异,推荐分段不同标准设防的原则。
- (2)基于国家规定,结合相关规范和规划要求,

对标国内外大城市防洪标准并与周边城市衔接,推荐黄浦江市区段维持1 000 a一遇城市防洪标准,上游干流段防洪标准由50 a一遇提升至100 a一遇。

参考文献:

- [1] 季永兴.黄浦江河口建闸研究40年回顾与展望[J].水利水电科技进展,2023,43(5):1-9;87.
- [2] 赵庚润,李羽文,崔冬,等.黄浦江上海市区段防汛墙漫溢风险分析[J].水利水电科技进展,2016,36(3):57-61;67.
- [3] 沙治银.上海市防御202106号台风“烟花”的过程及思考[J].中国防汛抗旱,2022,32(4):52-54.
- [4] GB 50201—2014,防洪标准[S].
- [5] 朱晓玲,陈皓.水利工程等级划分及洪水标准存在问题探讨[J].水利技术监督,2021(4):1-2;94.
- [6] 吴海亮,王府义,刘娟.“防洪保护区”在《防洪标准》中的应用研究[J].人民黄河,2011,33(7):11-13.
- [7] 李爱玲,李小燕,李维涛,等.经济指标在确定沿海地区防洪标准

- 中的意义、作用和方法研究[J].水利规划与设计,2011(4):21-23.
- [8] 李爱玲,李小燕,李维涛,等.沿海地区防洪标准指标体系研究[J].水利规划与设计,2011(6):34-36.
- [9] 上海市人民政府.上海市城市总体规划(2017—2035年)[R].上海:上海市人民政府,2018.
- [10] 李扬,田顺发,马静文,等.中国城镇防洪体系达标状况总体分析[J].水利规划与设计,2023(11):1-4;8.
- [11] 刘树坤.国外防洪减灾发展趋势分析[J].水利规划与设计,2000(1):4-12.
- [12] 陈卫宾,曹廷立,武见.国内外防洪标准及确定方法研究[J].人民黄河,2011,33(7):24-26.
- [13] 上海市规划和自然资源局.青浦新城总体城市设计[R].上海:上海市规划和自然资源局,2021.
- [14] 上海市规划和自然资源局.松江新城总体城市设计[R].上海:上海市规划和自然资源局,2021.
- [15] 杨晴,曾肇京.防洪区划与防洪体系划分[J].水利规划与设计,2000(2):38-40.

(上接第166页)

桥按新桥荷载标准进行验算。新老桥结构独立,须对拼缝进行专门的设计研究。

(3)新桥成桥后,应压重以加速新桥的沉降稳定,避免后期因沉降导致拼缝开裂。

(4)聚氨酯弹性伸缩体对大位移的拼缝有很强的适应性。

现今工程建设中常有对特殊桥梁的拼宽改造设计。如何确保新老桥结构安全,减少对旧桥的影响,确保新老桥面平顺衔接过渡且行车舒适,是桥梁拼宽设计中的关键。本工程为同类型桥梁的拼宽设计提供借鉴参考。

参考文献:

- [1] 刘欢.高快速路涉超高压线节点设计方案研究:以沿江通道浦东段新建工程为例[J].城市道桥与防洪,2023(6):33-36.
- [2] 焦安亮,肖必建.现浇箱梁支架稳定性验算[J].施工技术,2007(36):239-241.
- [3] 上海市市政工程检测中心有限公司.沿江通道浦东段(越江段—五洲大道)新建工程—沪崇苏立交C匝道主桥检测报告[Z].上海:上海市市政工程检测中心有限公司,2020.
- [4] 上海市市政工程设计研究院.A30(界河—外环线)工程:沪崇苏立交C匝道桥施工图设计文件[Z].上海:上海市市政工程设计研究院,2005.
- [5] 罗攀.复杂条件下城市桥梁拼宽设计与施工[J].上海公路,2022(2):39-43.
- [6] 袁青峰.城市桥梁新型拼接缝设计与施工方法研究[J].城市道桥与防洪,2024(7):95-98.