

上海地区防汛墙加固工程关键问题

陈 峰

(上海市水利工程设计研究院有限公司,上海 200061)

摘要:针对上海地区防汛墙在历年除险加固工程建设中出险原因分析不明、设防水平不一致、规划标准与现状存在矛盾、设防标准与现实发展不相匹配、加固规模拟定不合理等关键问题,通过收集出险事例,剖析了造成防汛墙出险的主要因素和各因素之间的关系,对比了规划标准、设防标准中的矛盾,分析了除险加固规模拟定不合理的原因。结果表明:防汛墙出险原因主要包括边界条件的变化、船只违章运行、结构安全度不足、临近或穿河工程影响及地面沉降等,不同出险状况由一种或多种因素造成;设防标准应从整体防汛水平校验,采用实测水文资料修正,提高中、上游岸段安全等级;除险加固工程规模应综合考虑现状工情、水情、出险原因、规划和规范标准的变化等原则确定;对码头、船闸等特殊岸段需设置限制性要求。

关键词:防汛墙;除险加固;设防标准;黄浦江;苏州河;上海地区

中图分类号:TV87 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2014)06-0049-07

A study of the key problems of reinforcement of flood control wall in Shanghai//CHEN Feng (*Shanghai Water Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Shanghai 200061, China*)

Abstract: In the past years, there were some key technical problems in reinforcement of flood wall, such as ambiguous causes in analysis of dangerous situations, no unified standards for flood defense, contradictions of planning standards and current situations, mismatches of protective standards and urban development, unreasonable reinforcement scale, etc. In this paper, the examples of risk situations are collected to analyze the main factors that lead to the mentioned problems. Firstly, we present a study of the relationships among these various factors and then contrast planning standards with present status. In addition, further researches have been done which deconstruct the contradictions in current protected standards and analyze the reasons of unreasonable proposed scale for the reinforcement of floodwall. Main reasons of the dangerous situations include boundary conditions change, illegal operation of vessels, structural safety deficiencies, land subsidence, and engineering impact caused by projects that are adjacent to or pass through rivers. Various dangerous situations are caused by one or more factors; thus in order to raise the security levels in upstream regions, the standards of protection should be checked from overall defense standards which have been corrected by measured hydrological data. Furthermore, for ascertaining the principles of project scale of reinforcement, working conditions, hydrological features, the dangerous situation and the planning or standards evolution should be taken into account. At last, restrictive conditions should be settled on the shoreline of dock and ship lock.

Key words: flood control wall; reinforcement; protected standards; Huangpu River; Suzhou River; Shanghai Area

上海地区黄浦江和苏州河堤防护岸称为防汛墙。黄浦江和苏州河是上海地区最主要的两条干流,也是太湖流域主要排水河道。上海境内,黄浦江干流自米市渡至吴淞口,长约83 km。上游有斜塘、园泄泾、大浏港三大源流,其中拦路港下接浏河、斜塘,其间有太浦河汇入;园泄泾上游接红旗塘,下游与斜塘汇合后为横潦泾;大浏港汇入横潦泾后,折向东流后即为黄浦江,其中千步泾(西荷泾)以上为黄浦江上游干流段,以下为市区干流段。苏州河现为黄浦江支流,上海境内自青浦赵屯至黄浦公园入黄

浦江,长约53 km^[1]。目前上海市境内黄浦江和苏州河两岸均已建有防汛墙,在实际运行中,由于各种环境条件变化影响,部分岸段防汛标准不达标,防汛墙坍塌,防汛设施损坏,防汛岸线不封闭,防汛功能呈脆弱性,这些安全隐患呈逐年增多的趋势,历年来防汛部门频繁组织防汛抢险和除险加固工作。由于防汛一旦出现险情或隐患,以尽快恢复防汛功能为第一要务,易忽略对引发险情的深层次原因的剖析。然而造成防汛险情事件或形成防汛安全隐患的因素多,成因复杂,

有些是由突发性破坏造成的,有些是由损伤逐步积累造成的,有些则是由相关规范安全系数或设防标准的提高造成的,等等。岸段出险可能由一种主要因素造成,也可能由多种因素协同造成。根据近年来对防汛墙维修和除险加固工程的统计,边界条件变化造成的险情多于结构自身的完整性和耐久性造成的险情。消除防汛险情和隐患主要采用工程措施解决,对于防汛日常管理和信息化控制等非工程措施尚未形成有效和系统性的措施。同时,对于除险加固范围和工程规模确定的依据常显不足,论证含糊。本文拟通过对防汛墙出险的主要原因进行系统的剖析,探讨出险规律,深入分析险情表象与防汛安全本质之间的关系;解构设防标准的矛盾现象,通过论证提出设防标准校验和调整的建议,指出除险加固规模拟定不合理的原因,提出确定原则和方法。

1 出险原因分析

根据多年来黄浦江和苏州河防汛墙运行中出险情况的统计,造成出险的原因非常多,出险后防汛墙损坏的表观现象种类也较多。从损坏表观分析出险因素,有些为单一因素,有些为多因素共存,各因素之间的关系存在交错复杂性,对分析判断出险主要原因造成困难。

1.1 边界条件的变化

黄浦江和苏州河均为太湖流域泄洪通道,在汛期水流流速较大,受河道历史演变形成的格局影响,弯道众多,加之航运繁忙,特别是黄浦江为上海最重要的内河航道,在弯道顶冲部位、靠近主航道侧岸滩、码头停靠两侧一定范围、船舶违章调头及停靠岸段易受到水流冲刷和船只螺旋桨近岸淘刷,部分岸段违章停靠超吨位船只,并在墙前浚挖,直接造成防汛墙墙前泥面大幅降低。

黄浦江和苏州河两岸分布着大量的码头堆场和新开发的居住小区,虽然按照水利行业管理要求,在防汛墙 6 m 保护范围内严禁堆载、通行重车和搭设建筑物,在保护范围外腹地一定区域需限制堆载,但

由于岸线太长,日常管理难度高,许多码头、堆场和建设小区直接在保护范围内堆载,造成防汛通道无法贯通,并增大墙后附加荷载。即使在保护范围内没有堆载,但在保护范围外却大量堆载,同样会对防汛墙造成影响。

防汛墙前后边界条件的变化一旦超过可承载能力,轻者造成防汛墙倾斜、错缝、沉降,重者造成防汛墙坍塌。2003—2013 年黄浦江、苏州河防汛墙出险事例见表 1。

1.2 船只撞击、违章停靠、带缆

黄浦江和苏州河作为上海地区主要通航河道,岸线非常长,限于管理原因,存在大量船只,甚至远超航道标准的船只,在非码头区违规作业、停靠、带缆、掉头,并频繁的撞击和拉拽,造成防汛墙损坏事件,包括外滩等中心城区核心位置的防汛墙也曾多次遭遇船舶撞击而损坏(表 1)。

目前上海地区对防汛墙造成破坏的主要船型多为运载砂石料等建筑材料船,根据上海市水务局 2006—2008 年的统计,此类船只平均每年撞击防汛墙的次数超过 90 次,损坏防汛墙面积超过 500 m²,主要分布在码头区附近范围,船只越多,撞击概率越大,撞击次数越多,并呈趋势性增长。

1.3 防汛墙自身结构安全度和耐久性不足

由于黄浦江和苏州河防汛体系历经几十年逐步建设形成,建设年代不同,设计标准不一,结构型式各异,中心城区防汛墙多数都经过数次加高加固,墙体断面已成畸形,现状情况复杂。部分岸段建设遵照当时规范,采用容许应力法,设计中未考虑耐久性方面问题。防汛墙经多年运行使用,墙体老化迅速,墙身出现破损,结构耐久性较差,沉降后造成设防高程不足,部分墙体出现坍塌、倾斜、露筋、裂缝、浆砌块石砂浆脱落,墙体之间出现错缝,伸缩缝损坏,防汛功能已难以满足要求。

受土层沉积的成因,上海浅层地质普遍分布粉性或砂性土层,特别是苏州河古河道流经范围,受洪水冲刷切割的影响,表层沉积大量粉砂性土。该类

表 1 2003—2013 年黄浦江、苏州河防汛墙出险事例

出险时间	出险河道	出险位置	出险原因和程度
2013 - 06 - 03	黄浦江支流跃进河	跃进河水闸外	墙后 10 m 外堆载过大造成防汛墙坍塌、河床整体隆起淤堵河道 ^[2]
2013 - 01 - 26	黄浦江干流	外滩陈毅广场	一艘 400 t 级空载槽罐船因操作不当碰撞黄浦江防汛墙导致墙体损坏 ^[3]
2009 - 10	黄浦江支流老闸港	正义园艺	墙前泥面违规浚挖 ^[4]
2009 - 06 - 26	黄浦江支流淀浦河	莲花河畔	墙后 6 m 外堆载过大造成防汛墙坍塌、墙前河床隆起 ^[5]
2009 - 04	黄浦江干流	杨浦区机床厂	墙前淘刷造成防汛墙倾斜 ^[6]
2008 - 08 - 20	黄浦江干流	外滩人民英雄纪念碑	船撞造成约 45 m 长度的防汛墙受损 ^[7]
2008 - 02 - 11	黄浦江支流蕴藻浜	纪蕴路码头	墙后堆载过大造成防汛墙坍塌 ^[8]
2005 - 02 - 17	苏州河	泸定路	墙前船只螺旋桨淘刷造成防汛墙坍塌 ^[9]
2003 - 07 - 07	苏州河	古北路长宁路	墙后堆载过大造成防汛墙坍塌 ^[10]
2003 - 07 - 01	黄浦江干流	外马路	R4 线隧道坍塌造成防汛墙坍塌 ^[11]

土质处理不当会造成渗径不足,极易产生管涌、流砂等地质灾害。对于中心城区大量防汛墙岸段存在墙后地面低于高潮(水)位情况,渗径不足常造成墙后冒水、冒砂^[12]。另外由于沿岸桥梁基础多未考虑渗径问题,桥梁本体或桥梁与防汛墙衔接部位仍没有根本性解决渗径不足和墙后渗水问题。

对于防汛墙后没有市政排水设施的区域,若墙顶和周边地势均高于墙后地坪,将造成墙后积水无处排放,长时间浸泡墙后土体,在持续渗压工况条件下使土体软化,降低了堤岸稳定安全度。

受水流或船行波持续作用影响的岸段,会引起防汛墙墙前泥面降低,底板外露,造成墙后土体流失,地面出现空洞和大面积下沉等防汛险情。

1.4 临近和穿河工程的影响

近年来黄浦江和苏州河沿线建设了大量基础设施项目,许多工程距离岸线非常近,甚至不足河道保护范围 6 m^[13],施工必然会对防汛墙安全造成影响,如:基坑开挖、沉桩、降水、通行重车、超载等。即使有些项目针对防汛墙采取了监测和保护措施,但由于对水工结构的不了解,最终仍导致防汛墙变形过大、墙体开裂、伸缩缝拉开、墙身损坏等现象,甚至有些项目由于基坑防渗措施不合理,开挖后导致渗径不足,坑内外形成水力联系,出现大量涌水或管涌现象,对防汛墙造成极大的安全隐患。

上海市建设地下隧道已成为解决城市交通问题的重要手段,迄今为止,穿越黄浦江的隧道已建、拟建或在建的达到 20 条之多,其中城市道路隧道 10 条,地铁隧道 10 条,另还有多条电力隧道、合流污水管道等;穿越苏州河市区段仅地铁隧道就达 9 条之多。由于隧道的建设需进行暗挖,对周围土体产生扰动,穿越时会对防汛墙结构造成一定的影响,包括墙体变形、设防能力降低、河床河势变化等,甚至发生防汛墙损坏或倒塌等突发事件,给河道堤防日常管理及防汛抢险带来了一系列新的问题^[14-15]。

1.5 地面沉降的影响

上海市地面沉降动态监测资料表明,上海市区地面沉降速率表现出明显的非线性增大趋势。地面沉降是在多种因素共同作用下缓慢而持续的变形,其中最重要的影响因素为过量抽取地下水 and 大规模城市建设。上海市水务局于 2001 年、2002 年分别进行中心城区黄浦江防汛墙浦西侧、浦东侧墙顶高程复测,结果表明中心城区黄浦江防汛墙沉降了 10 ~ 120 mm^[16]。

区域地面沉降是影响防汛墙沉降变形的主要因素。另外,防汛墙自身的自重压力对下卧土层产生的附加应力造成土体固结也是防汛墙沉降变形的另

一个重要影响因素。以外滩防汛墙为代表,1994 年 5 月至 2002 年 12 月间,外滩防汛墙平均累计沉降量为 218.77 mm,同期外滩地区由水准点反映出的地面沉降量为 167.1 mm,区域地面沉降占防汛墙沉降量的比例为 71.9%^[16]。受区域地面沉降和沉降非均态化影响,防汛墙穿越不同区域时,会产生较明显的沉降和不均匀沉降。根据预测,上海地区地面沉降速率虽已减缓,但仍在发展,沉降较大的区域仍主要位于中心城区。

1.6 各种出险原因之间的关系

凹岸顶冲、船只沿岸边违章停靠、非法浚挖易造成防汛墙墙前泥面的降低,沿河临近工程建设常会在防汛墙后侧堆载或通行重车,此类情况将造成边界条件的变化;基坑开挖和穿河工程造成土体损失、地下水渗透以及临近河道区域降水,均能引发防汛墙沉降;上海地区大量开采地下水及大规模城市建设,以及滨海地区广泛分布的未固结第四纪地层的压缩,导致地面高程永久性损失,直接改变城市自然地理环境的下垫面形态与格局,降低防汛墙的防御能力^[17];沉桩振动或挤压造成土体管涌或隆起,船只撞击、拉拽,降低防汛墙的结构安全度和耐久性。从以上分析可知,防汛墙出险往往伴随多种原因,边界条件的变化,既可能由墙前泥面淤积或降低造成,也可能由墙后荷载变化造成,或者两者兼有;防汛墙沉降既可能由区域地面沉降引起,也可能由临近工程影响引起;防汛墙结构安全性则可能受到边界条件变化、船只运行影响、结构老化、地面沉降、临近工程施工、地基土渗透等因素或两种以上因素共同影响。由于单纯地对出险的防汛墙岸段全部采用新建结构提高防汛安全度既耗时也不经济,因此,客观判断造成防汛墙出险的主要原因,才能有针对性地提出合理、可行的除险加固措施。

2 设防标准的确定

2.1 现状设防标准

黄浦江和苏州河根据径流下泄、潮流上溯和区域排涝之间的关系,上、中、下游各段采取的设防标准不同,工程等级和建筑物等级根据保护对象,按照相关规范^[18-19]确定也不同。各段设防标准见表 2。

由表 2 可知,黄浦江和苏州河沿线出现多个设防标准和工程等级,主要是由于不同历史阶段规划标准的不统一,以及长江口潮流上溯、太湖流域泄洪、城市排涝等共同影响的复杂性和城乡差别所造成的。

黄浦江源流段、干流段和市区段三者设防标准和工程等级在过渡岸段缺少必要的的校验。位于中

表 2 黄浦江和苏州河各段设防标准和工程等级

岸段	设防标准	工程等级
黄浦江上游源流段 ^① (拦路港、太浦河和大泖港)	防洪 50 年一遇,除涝 10 年一遇三日暴雨+10 年一遇流域洪水	Ⅱ等(防汛墙为 3 级水工建筑物)
黄浦江上游干流段	防洪 50 年一遇	Ⅱ等(防汛墙为 3 级水工建筑物)
黄浦江市区防汛墙(208 km 和黄浦江新增防洪工程110 km)	千年一遇潮位	Ⅰ等(防汛墙为 1 级水工建筑物)
苏州河(河口—外环线)	防洪近期达到 50 年一遇,远期达到 100 年一遇;除涝标准 20 年一遇	Ⅱ等(防汛墙为 2 级水工建筑物)
苏州河(外环线以上) ^②	防洪标准 50 年一遇;除涝标准 20 年一遇	Ⅲ等(防汛墙为 3 级水工建筑物)

注:①黄浦江上游源流段原工程设计采用镇江吴淞高程;②苏州河中、上游段规划标准拟将工程等级提高至与下游段(河口至外环线)相同。

部的上游段和源流段工程等级低,市区段高。整体稳定安全系数 1 级和 3 级水工建筑物相差约 20%,在上游干流段与市区段分界点千步泾和西荷泾部位,上、下游防汛墙安全水平相差较大。

黄浦江设防高程按设防标准对应特征水位分段插值加超高确定,设防高水位分别为源流段 3.90 ~ 4.25 m,上游干流段 4.25 ~ 4.30 m,市区段 4.30 ~ 6.27 m,在不同分段衔接点部位设防高水位跳跃,当分段点位于支流部位,则会出现同一条河道两岸设防水位不同、墙顶高程不一致的情况。

苏州河沿线设计高水位研究成果中,中、上游段防汛墙设防高程由 4.5 m(上海吴淞零点,下同,除注明)提高至 5.2 m^[20],也是针对苏州河工情、水情和沿线腹地环境变化需求而调整的。正在编制的苏州河中、上游段规划中防汛墙设防标准拟由原Ⅲ等 3 级提高为Ⅱ等 2 级,但目前该规划还未获得主管部门的批复,整个中、上游岸段也暂时没有全面整治的计划,在近年来除险加固中,设防高程与设防水位出现倒挂的现象。设防高程从区域综合考虑,采用 4.5 m,与现状高程一致,暂时不按已批准的防汛墙设防高程 5.2 m 实施,设防高水位则按照批复的成果 4.79 m 设防,造成设防水位高于设防高程的不合理现象。同时,水工建筑物等级又按没有批准的规划,拟定为Ⅱ等 2 级。

黄浦江和苏州河中、上游原区界划分为郊区,范围内多为农田,与市区相比设防标准较低,随着上海城市化外延的迅速发展,土地性质发生了变化,人口、企业、房产、商业大幅增加,地区经济总量迅速上升,区域重要性显著提高。因此,根据规范^[18-19]、防汛安全和上海地区的发展,防汛墙设防标准和建筑物等级的提高,既是城市防汛安全日常管理的需求,也是防汛墙改造和除险加固建设依据的需求,更是防汛墙防御能力与城市发展相匹配的需求。

2.2 设防标准的校验和调整

目前黄浦江设防高水位仍采用 1984 年水利电

力部批准的千年一遇设防水位进行设防,太湖流域防洪规划对于黄浦江和苏州河防洪标准近期按 50 年一遇标准,远期按 100 年一遇标准^[21]。由于水情和工情近 20 年发生了较大的变化,上海市水文总站基于历史实测潮位资料,分析黄浦江高潮位的变异特征,并将资料序列延续到 2002 年,分析成果显示,现状条件下千年一遇高潮位较 1984 年成果普遍升高^[22]。中国国际工程咨询公司针对黄浦江新增防洪工程可行性研究报告中的咨询评估也认为,按照 1984 年批准的设防水位,黄浦江仅能达到 200 年一遇的设防标准,并与上游 50 年一遇防洪标准衔接不合理^[23]。2013 年“菲特”台风期间黄浦江上游米市渡水文测站实测最高潮位 4.61 m,超历史纪录 0.23 m,进一步验证目前的设防水位已不符合现实需求。

黄浦江设防标准宜从整体防汛体系角度分析,通过沿线水文实测序列资料,采用频率分析,按照潮位千年一遇标准和防洪 100 年一遇标准推算沿线设防高水位和设防高程。考虑下游潮流上溯、上游泄洪径流和地面汇水径流交互影响,对防洪、防潮和除涝标准相对应水文特征值分析校验,推算和画示设防高水位和设防高程包络线。既考虑防御的最不利工况,又保证防御水位的平滑过渡和设防水平的一致性。在潮流和径流交汇段既保证设防标准的一致性,也避免不同标准岸段过渡部位出现设防水位的突变,并能与太湖流域防洪规划标准相统一。

苏州河沿线支流和河口都已建闸控制,成为一条可人工干预和调控的河道,沿外环线至省界中、上游沿线均已拆(郊)县建(市)区,因此,设防标准和工程等级也应提高,与下游段统一,避免防汛墙墙顶高程在近、远期逐步达标过程中出现设防高水位高于墙顶高程的不合理性现象。

随着城镇化的发展,地区保护等级的提高,相应的设防标准和工程等级也应提高。黄浦江和苏州河设防标准和工程等级的调整建议见表 3。

近 20 年来黄浦江、苏州河许多岸段腹地范围的

表 3 黄浦江和苏州河设防标准和工程等级的调整建议

岸段	设防标准	工程等级
黄浦江上游源流段和上游段	防洪 100 年一遇, 除涝 20 年一遇	Ⅱ等(防汛墙为 2 级水工建筑物)
黄浦江市区防汛墙	千年一遇潮位	Ⅰ等(防汛墙为 1 级水工建筑物)
苏州河	防洪 100 年一遇, 除涝 20 年一遇	Ⅱ等(防汛墙为 2 级水工建筑物)

使用性质同样发生了较大的变化,墙后腹地荷载和地面高程均随之变化,加之岩土工程勘察规范对地基土层指标参数规定的变化,造成设计参数与边界条件在防汛墙建设时与现今对比可能发生较大的变化。因此,对于水文、水情、工情、地质情况、墙前后荷载标准均应按实际分区分段进行校验,提出符合防汛墙除险加固合理的设计参数和边界条件。

沿线各岸段在满足相对应建筑物级别的安全系数前提下,建议按照可靠度的方法分析安全系数的可靠性,特别是不同设防标准衔接岸段的安全度应进行校验。

3 加固规模的拟定

3.1 加固规模不合理性分析

上海地区防汛墙历年来出险位置的分布随机性较强,与周边环境、边界条件、地质情况、防汛墙结构、水流走向等相关。出险范围也多表现为点状分布,以标准墙段(15 m)界定,通常一个险情部位表现出现防汛墙结构损坏和安全隐患的墙段不超过 3 段。而除险加固和年度维修加固范围采用新规范、新规划标准和年度计划的资金投入作为拟定工程规模的依据,既缺少对出险实际原因的充分考虑,也缺乏对比防汛墙边界条件变化的分析和结构耐久性引起安全可靠性的影响。黄浦江和苏州河防汛墙历经几十年逐步建设形成现今的防汛体系,在不同的整治时段受认知程度和城市化发展进程的影响,执行的规划和规范均不相同,并且规划标准和规范总体安全度呈增长趋势,先期整治的防汛墙按现今规划和规范规定复核,大多无法满足要求。在黄浦江和苏州河暂无新一轮大规模整治任务的前提下,势必要么加固范围远大于出险范围,并且加固结构的安全度远高于相邻岸段;要么加固范围小于须除险的实际岸段数量和长度,待下一年度资金落实方可加固,造成存在安全隐患的岸段在汛期防汛风险非常高。采用此方法确定除险加固范围值得商榷,结果最终转化为人为主观判断和行政干预,难以客观评价防汛墙出险岸段的实际安全状况和可能引发的防汛风险,出现理论复核计算不安全,而实际安全运行多年的情况;或者理论复核计算安全,而实际周

边环境极易对防汛墙造成安全影响的悖论现象。因此,科学合理、尊重历史成因、符合实际情况和安全经济地拟定工程规模是除险加固的关键问题。

3.2 加固规模拟定方法和原则

3.2.1 现状工情与原规划设计标准对比

黄浦江和苏州河中、上游段墙前设计泥面线按照建设时现状泥面线考虑最大冲刷深度确定,苏州河下游段按照底泥疏浚泥面线考虑适当超挖(不大于 0.5 m)确定;墙后填土高程按照建设时墙后现状地面高程,对于地面较低、渗径不足、墙后腹地有条件抬高的岸段,通常将地面填至与设防高水位齐平。在确定除险加固范围之前,首先应调查拟加固范围周边环境的变化,实测对比出险部位现状与原设计边界条件、规划边界条件、地质条件之间的差别,包括墙前泥面、墙后地坪、浅层地质、周边附加荷载、墙后腹地用途等,在此基础上,复核出险岸段的安全度和加固后的安全度,避免过度加固或加固不足。

3.2.2 分析出险原因和判断出险范围

防汛墙出险原因众多,详细分析主因,对于判断和确定除险加固规模至关重要,可参照如下原则。

a. 边界条件发生变化。首先应调查判断是否超出原设计标准最大限制范围及恢复的可能性。若能恢复,仅需对出险部位按原标准修复;若不能恢复,并超过原设计标准、实测边界及范围,复核现状防汛墙安全度,若不满足规范要求,则对整个范围加固。

b. 船只撞击、违章停靠、带缆。检测和鉴定防汛墙损坏情况,对损坏部位按原标准修复。同时,调查防汛岸线所处环境,若周边邻近码头、船坞等,必要时设置隔离桩,避免船只靠近防汛墙。

c. 防汛墙自身结构安全可靠不足。通过检测鉴定和复核计算,确定除险加固范围。但加固措施应根据不同的安全性指标分类考虑,包括整体稳定、局部稳定、抗渗稳定、结构耐久性、桩基承载力等。

d. 穿河和邻近工程实施。根据不同工程的结构特性,调查与防汛墙的相关关系,分析确定对防汛墙的影响范围和影响程度,并在影响范围基础上增加一定保护范围,作为除险加固范围^[24]。

e. 地面沉降。该因素影响范围较广,在一定区域内对于防汛墙の出险影响主要是造成设防高程不足。当防汛墙承载力和稳定性满足安全要求前提下,可通过测量墙顶高程确定加固范围。

3.2.3 新规划和新规范标准校验

近 20 年来,随着城市化发展,黄浦江和苏州河防洪工程的大量修建减少了纳潮量,加之海平面上升、地面沉降、台风暴雨灾害天气增多、城市下垫面的变化形成地表汇流和排水量的增加以及上游太湖

泄洪量的增加,多种因素造成两条河道水位抬高。

根据 2003 年上海市水文总站对黄浦江的潮位分析可知^[22],目前执行的设防高水位已远达不到千年一遇设防标准。若出险范围按照新的潮位分析成果确定的设防水位考虑,必然造成黄浦江中、下游大部分岸段均无法满足千年一遇的设防要求。同样,根据 2006 年上海市水务规划设计研究院关于苏州河沿线设计高水位的研究成果^[20],防汛墙顶设防高程需达到 5.2 m,而中、上游段原设计标准墙顶高程为 4.5 m,均无法满足要求。因此,出险范围不应以墙顶高程不足作为确定依据,设防标准可采用新、老标准兼顾考虑的原则,一方面保持防汛岸线衔接的合理性和连续性,另一方面除险加固岸段防汛墙承载力和稳定安全应考虑今后墙顶加高的可行性。

目前,黄浦江和苏州河防汛墙设计主要按照国家标准 GB 50286—2013《堤防工程设计规范》、上海市标准 DGJ 08-11—2010《地基基础设计规范》和上海市堤防(泵闸)设施管理处组织编制的《黄浦江防汛墙工程设计技术规定(试行)》,由于该 3 项规范的设计理念和原则不完全一致,GB 50286—2013《堤防工程设计规范》仍沿用容许承载力设计理论,DGJ 08-11—2010《地基基础设计规范》采用概率极限状态设计理论,《黄浦江防汛墙工程设计技术规定(试行)》作为地方水利行业规定,并无完整的设计理论体系,主要是针对黄浦江防汛墙的特点汇总了相关设计规范和行业的规定。3 项规范对于结构稳定性和承载力的计算方法、设计参数、安全水准取用均有差别,因此,一直存在混用规范的现象。由于防汛墙建设时间跨度较大,形成了不同年代防汛墙共存的现象。早期建设时,甚至没有可参照的规范标准,由各设计单位自行确定设计标准和安全系数,有了规范之后,随着规范标准的不断完善和改进,安全水准不同程度的提高,目前,黄浦江防汛墙按照新建和改造分类,安全系数需达到 1.375 ~ 1.430,因此,对于防汛墙除险加固规模按照什么规范标准实施成为至关重要的问题。若按照现行规范和规定复核,相当比例的现状防汛墙达不到安全水准,若以此原则确定除险加固范围,短期内再次进行大规模加固建设与现实情况不符。因此,对于出险岸段,仍应以原设计标准进行复核确定加固规模,避免了对于现状没有出险的岸段,按新标准复核不能满足安全水准的要求,甚至出现安全系数小于 1 的矛盾。对于建设年代较早、使用年限较长(30 年以上)、设计时无规范标准执行的岸段,出险后可按照现行规范标准确定加固规模。

水工结构耐久性设计的概念是在 SL/T 1910—

1996《水工混凝土结构设计规范》颁布后开始执行的,由于和 SDJ 20—1978《水工钢筋混凝土结构设计规范》并行使用,两者在安全度表达及考虑不同荷载变异性上存在不一致,因此耐久性设计在实际运用中执行的并不理想,SL/T 1910—2008《水工混凝土结构设计规范》中的条文说明也提到“对已建工程的调查表明,水工混凝土建筑物的耐久性存在严重问题”。上海地区防汛墙现状耐久性同样存在较大问题,历年防汛巡查均发现,普遍存在墙身局部破损、露筋锈蚀、保护层厚度不足、裂缝、墙体渗水、混凝土表面碳化、伸缩缝老化破损等现象。对于防汛墙的耐久性、可靠性,可通过检查和检测等普查手段判断,对于普查后初步判断存在安全隐患的岸段,可进一步采取重点检测、监测和安全鉴定,确定安全可靠性和加固规模。

4 水利和航运的关系

黄浦江和苏州河均为上海地区重要的航道,现状黄浦江和苏州河中、上游段存在大量的码头设施。由于不同行业主管的管理模式不同,水利与航运对同一条河道的规划、设防标准及相关规范、建筑物标准均不一致,造成防汛体系的不完全匹配。码头区管理和布局由航运部门管理,对于整条岸线仅为局部,防汛由水利部门管理,需综合考虑防汛体系,两者不可避免存在矛盾。特别是两者交界部位,管理上往往容易出现疏漏。如码头两侧非码头区,受船只运行的影响严重。

码头和船闸岸段的设防标准和加固规模需同时考虑水利和水运的要求,按最不利工况条件确定,或针对此类岸线采取限制性措施并提出限制性要求。岸段外一定范围按相应水运标准和水利标准相互校验,对于不满足安全要求的岸段,要么纳入码头或船闸范围按高标准改建,要么采用限制性隔离措施,避免船只靠近防汛墙,保证墙前泥面的稳定和防止对墙体的撞击。

墙后腹地范围分区域设置限载要求。6 m 防汛通道范围禁止搭建、构筑物,堆载或通行重车,6 m 以外范围建议根据防汛墙的结构情况、墙前泥面、墙后地坪高程和水文地质条件等因素确定限载要求。

5 结论和建议

a. 防汛墙出险原因主要包括边界条件的变化、船只违章运行、结构自身安全度和耐久性不足、临近或穿河工程影响以及地面沉降,不同的出险状况由一种或多种因素共同造成,剖析出险本质,是拟定设防标准、除险加固规模和加固方案的基础。

b. 现状设防标准和建筑物级别无法满足城市

发展和工情、水情变化的需要,相应的设防标准和工程等级应提高。设防标准需同时考虑防洪、防潮、除涝标准三者关系校验,推算设防水位和设防高程,既能保证防御最不利水工况,又能保证设防水平的一致性。黄浦江和苏州河上游段防汛墙建筑物级别建议提高为2级。

c. 目前防汛墙加固规模的确定存在人为主观判断和行政干预,难以客观评价防汛墙实际安全状况,造成要么加固过度,要么对存在防汛隐患的岸段遗漏加固等诸多不合理的情况。防汛墙加固规模应遵循现状工情、规划及原设计标准的关系,出险原因分析,新规划和新规范标准校验等原则拟定。

d. 位于码头或船闸等特殊部位防汛墙岸段,一方面加强管理,另一方面对于防汛墙结构按水运标准和水利标准相互校验,对于不满足安全要求的岸段,码头或船闸范围按高标准改建,或者采用限制性措施,防止船只运行造成防汛隐患。

e. 建议开展防汛墙风险综合评估,了解现状防汛体系防御水平和能力,在风险评估的基础上,运用GIS技术,基于实时环境监测数据系统,建立数字防汛信息库。同时,结合不同区域的设防标准和现状防汛墙状况,绘制防汛风险图。

f. 建议针对上海地区防汛墙,开展集法规、保险、工程调度、风险评估、信息采集系统、日常巡视管理、应急抢险预案于一体的综合管理机制研究。

参考文献:

[1] 《上海水利志》编纂委员会. 上海水利志[M]. 上海:上海社会科学院出版社,1997.

[2] 上海海事堤防(泵闸) 设施管理处. 市堤防处扎实推进跃进河出险堤防除险加固工作[EB/OL]. [2013-09-06]. [http://www. shdi ke. org. cn/SearchDetail. asp? id = 7971](http://www.shdi ke. org. cn/SearchDetail. asp? id = 7971).

[3] 上海海事局. 浙槽罐船撞伤外滩黄浦江堤[EB/OL]. [2013-09-06]. <http://www. shmsa. gov. cn/NewsContent. asp? CatalogId = a41fb654-5797-4e22-8ed2-fa25a717d914&ContentId = f57e98c4-4261-423b-8a27-2b253bf146ba>.

[4] 上海市政府网站. 黄浦江、苏州河中游三处堤防除险工程主体工程完工[EB/OL]. [2013-09-06]. <http://www. shanghai. gov. cn/shanghai/node2314/node2315/node18454/u21ai471729. html>.

[5] 裘颖琼. 工地泥土堆积过多 83 米防汛墙严重损坏[EB/OL]. [2013-09-06]. <http://sh. eastday. com/qtmt/20090626/u1a591637. html>.

[6] 上海市水务局. 关于黄浦江防汛墙(上海机床厂段) 抢险工程可行性研究(含初步设计) 报告的批复[EB/OL]. [2013-09-06]. <http://www. shanghaiwater. gov. cn/web/xxgk/main. jsp? mm = 3&par. fileId =>

20007669&sdh. code=002006014.

[7] 朱雯婷. 轮船横冲直撞撞塌上海人民英雄纪念碑围栏[EB/OL]. [2013-09-06]. <http://sh. eastday. com/qtmt/20080820/u1a466394. html>.

[8] 赵维光. 上海纪蕴路堆场码头防汛墙严重倾斜[EB/OL]. [2013-09-06]. http://www. news365. com. cn/wxpd/sh/bs/200802/t20080216_1758371. htm.

[9] 周文天. 苏州河近沪定路段 50 米防汛墙倒塌[EB/OL]. [2013-09-06]. <http://sh. eastday. com/eastday/shnews/node42337/node42418/node42422/node48878/userobject1ai873406. html>.

[10] 宋鹏霞. 苏州河部分防汛墙险情排除[EB/OL]. [2013-09-06]. <http://news. sohu. com/81/21/news210912181.shtml>.

[11] 华声报讯. 上海地铁 4 号线施工引起黄浦江防汛墙断裂[EB/OL]. [2013-09-06]. <http://news. sina. com. cn/o/2003-07-03/0849311124s. shtml>.

[12] 顾相贤, 陈峰, 张月运. 苏州河环境综合整治三期工程防汛墙的加固改造[J]. 城市道桥与防洪, 2008 (2): 39-42. (GU Xiangxian, CHEN Feng, ZHANG Yueyun. Reinforcing and rebuilding of flood control wall for Suzhou River environmental comprehensive harnessing phase III Project[J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2008 (2): 39-42. (in Chinese))

[13] 上海市水务局. 关于本市市管河道及其管理范围的规定[S]. 上海: 上海市水务局, 2002.

[14] 陈峰, 田利勇, 卢伟华. 盾构隧道穿越苏州河对防汛墙的影响分析[J]. 岩土力学, 2010 (12): 3855-3862. (CHEN Feng, TIAN Liyong, LU Weihua. Analysis of influence of passing through shield tunnel on flood wall for Suzhou River[J]. Rock and Soil Mechanics, 2010 (12): 3855-3862. (in Chinese))

[15] 陈峰, 徐世昌, 田利勇. 苏州河防汛墙建设中环境保护的研究和措施[J]. 城市道桥与防洪, 2009 (7): 118-122. (CHEN Feng, XU Shichang, TIAN Liyong. Study and measures of environmental protection in construction of Suzhou River flood control wall[J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2009 (7): 118-122. (in Chinese))

[16] 龚士良, 李采, 杨世伦. 上海地面沉降与城市防汛安全[J]. 水文地质工程地质, 2008 (4): 96-102. (GONG Shiliang, LI Cai, YANG Shilun. Land subsidence and urban flood prevention safety in Shanghai [J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2008 (4): 96-102. (in Chinese))

[17] 龚士良, 杨世伦. 地面沉降对上海黄浦江防汛工作的影响[J]. 地理科学, 2008 (4): 543-548. (GONG Shiliang, YANG Shilun. Effect of land subsidence on urban flood prevention engineering in Shanghai [J]. Scientia Geographica Sinica, 2008 (4): 543-548. (in Chinese))

[18] GB 50201—1994 防洪标准[S].

[19] SL 252—2000 水利水电工程等级划分及洪水标准[S].

(下转第 106 页)

- p>ecosystem health assessment: an ecological modeling method (EMM) and its application[J].
- Hydrobiologia*
- , 2001,443(1-3):159-175.
- [62] MOOIJ W M,TROLLE D,JEPPESEN E, et al. Challenges and opportunities for integrating lake ecosystem modelling approaches[J]. *Aquatic Ecology*, 2010,44(3):633-667.
- [63] 李正最,谢悦波. 洞庭湖富营养化支持向量机评价模型研究[J]. *人民长江*, 2010, 41(10): 75-78. (LI Zhengzui, XIE Yuebo. Study on eutrophication evaluation model of Dongting Lake based on SVM[J]. *Yangtze River*, 2010,41(10): 75-78. (in Chinese))
- [64] 黄明聪,解建仓,阮本清,等. 基于支持向量机的水资源短缺风险评价模型及应用[J]. *水利学报*, 2007, 38(3): 255-259. (HUANG Mingcong, XIE Jiancang, RUAN Benqing, et al. Model for assessing water shortage risk based on support vector machine[J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2007,38(3): 255-259. (in Chinese))
- [65] 张玉超,钱新,钱瑜,等. 支持向量机在太湖叶绿素 a 非线性反演中的应用[J]. *中国环境科学*, 2009, 29(1): 78-83. (ZHANG Yuchao, QIAN Xin, QIAN Yu, et al. Application of SVM on Chl-a concentration retrievals in Taihu Lake[J]. *China Environmental Science*, 2009, 29(1): 78-83. (in Chinese))
- [66] 王劲峰,廖一兰,刘鑫. 空间数据分析教程[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [67] 李彦苍,周书敬. 基于改进投影寻踪的海洋生态环境综合评价[J]. *生态学报*, 2009, 29(10): 5736-5740. (LI Yancang, ZHOU Shujing. Comprehensive assessment of marine ecological indexes based on improved projection pursuit method[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(10): 5736-5740. (in Chinese))
- [68] 王顺久,杨志峰. 区域农业生态环境质量综合评价投影寻踪模型研究[J]. *中国生态农业学报*, 2006, 14(1): 173-175. (WANG Shunjiu, YANG Zhifeng. A projection pursuit model for comprehensive assessment on eco-environmental quality of regional agriculture[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2006, 14(1): 173-175. (in Chinese))
- [69] LI H T, GU C J, LIANG T, et al. A new perspective of ecosystem health[J]. *Journal of Forestry Research*, 2011, 21(1):127-132.
- [70] YANG F, SHAO D, XIAO C, et al. Assessment of urban water security based on catastrophe theory[J]. *Water Science & Technology*, 2012,66(3): 487-493.
- [71] 张戈,于大涛,袁仲杰,等. 海水水质评价方法比较分析[J]. *海洋开发与管理*, 2009, 26(10): 102-105. (ZHANG Ge, YU Datao, YUAN Zhongjie, et al. Comparison of methods on assessment of sea water quality[J]. *Ocean Development and Management*, 2009, 26(10): 102-105. (in Chinese))
- [72] 尹海龙,徐祖信. 河流综合水质评价方法比较研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2008, 17(5): 729-733. (YIN Hailong, XU Zuxin. Comparative study on typical river comprehensive water quality assessment methods[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2008, 17(5): 729-733. (in Chinese))
- [73] 孙燕,周杨明,张秋文等. 生态系统健康: 理论、概念与评价方法[J]. *地球科学进展*, 2011, 26(8): 887-896. (SUN Yan, ZHOU Yangming, ZHANG Qiuwen, et al. Ecosystem health: theory, concept and assessment methods[J]. *Advances in Earth Science*, 2011, 26(8): 887-896. (in Chinese))
- [74] 张宏锋,欧阳志云,郑华. 生态系统服务功能的时空尺度特征[J]. *生态学杂志*, 2007, 26(9): 1432-1437. (ZHANG Hongfeng, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua. Spatial scale characteristics of ecosystem services[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(9): 1432-1437. (in Chinese))
- [75] 崔保山,杨志峰. 湿地生态系统健康的时空尺度特征[J]. *应用生态学报*, 2003, 14(1): 121-125. (CUI Baoshan, YANG Zhifeng. Temporal spatial scale characteristic of wetland ecosystem health[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(1): 121-125. (in Chinese))
- [76] 赵慧霞,吴绍洪,姜鲁光. 生态阈值研究进展[J]. *生态学报*, 2007, 27(1): 338-345. (ZHAO Huixia, WU Shaohong, JIANG Luguang. Review on recent advances in ecological threshold research[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(1): 338-345. (in Chinese))
- (收稿日期:2014-01-19 编辑:彭桃英)
- +++++
- (上接第 55 页)
- [20] 徐贵泉,陈庆江,陈长太. 苏州河沿线设计高水位[J]. *水利水电科技进展*, 2012, 32(6): 38-42. (XU Guiquan, CHEN Qingjiang, CHEN Changtai. Design high water level of Suzhou River[J]. *Advances in Science and Technology of Water Resources*, 2012, 32(6): 38-42. (in Chinese))
- [21] 水利部太湖流域管理局. 太湖流域防洪规划[R]. 上海:水利部太湖流域管理局, 2007.
- [22] 何金林,韩昌来. 上海市水文环境变化及对策探讨[J]. *中国水利*, 2005(7): 35-37. (HE Jinlin, HAN Changlai. Hydrological environment changes in Shanghai and countermeasures[J]. *China Water Resources*, 2005(7): 35-37. (in Chinese))
- [23] 中国国际工程咨询公司. 关于黄浦江干流新增防洪工程可行性研究报告的评估报告[R]. 北京:中国国际工程咨询公司, 2003.
- [24] 上海市水利工程设计研究院,上海市水务业务受理中心. 穿河工程行政许可技术控制标准研究[R]. 上海:上海市水务局, 2011.
- (收稿日期:2013-09-09 编辑:徐娟)