

# 上海城市安全与综合防灾系统研究\*

## Study on the Urban Safety and Comprehensive Disaster Prevention in Shanghai

刘敏 王军 殷杰 权瑞松 余柏菡 唐曦 张昆 陈睿山

文章编号1673-8985 (2016) 01-0001-08 中图分类号TU981 文献标识码A

**摘要** 对上海突发公共事件进行梳理,提出影响上海的4大类50种突发公共事件分类体系。在此基础上,运用情景分析法、地理信息系统(GIS)技术和专业模型,对上海暴雨内涝、台风风暴潮、洪水等自然灾害,海平面上升等极端气候事件存在风险进行研究,并着重对上海应对突发公共事件的空间对策、实施路径、综合应急响应机制提出了建议,构建“三个重要目标,三个战略阶段”,涵盖“一案三制一规划”的城市安全总体战略框架布局。

**Abstract** This paper presents the classification system of four categories of 50 kinds of public emergencies in Shanghai. On this basis, using scenario analysis, geographic information system (GIS) technology and professional models, these risks of rainstorm waterlogging, typhoon storm surge, floods and sea level rise in Shanghai were clarified. Finally, we put forward some suggestions for emphasizing on the space countermeasure, implementing path and comprehensive emergency response mechanism of public emergency in Shanghai. This paper has also built overall strategic framework of city safety, including ‘three important goals, three strategic stages’, and covering ‘one case, three systems and one plan’.

**关键词** 城市安全 | 风险评估 | 空间应对 | 战略框架

**Keywords** Urban safety | Risk assessment | Space solutions | Strategic framework

### 作者简介

#### 刘敏

华东师范大学地理科学学院 教授,博士生导师

#### 王军

华东师范大学地理科学学院 教授,博士生导师

#### 殷杰

华东师范大学地理科学学院 副教授

#### 权瑞松

华东政法大学公共管理学院 博士,讲师

#### 余柏菡

华东师范大学地理科学学院 教授,博士生导师

#### 唐曦

华东师范大学地理科学学院 副教授

#### 张昆

华东师范大学地理科学学院 副教授

#### 陈睿山

华东师范大学地理科学学院 教授

城市安全与综合防灾是城市健康发展的基本前提。在全球气候变化和深度全球化的背景下,未来世界城市之间的影响愈发显著,城市安全的不确定因素逐渐增加。随着上海城市规模能级的持续发展和外部环境的变化,上海未来的安全局势更加严峻,要在新形势下,重新审视上海未来可能面临的多重风险和安全隐患,从战略、策略、行动计划等多方面多管齐下,不断探索保障上海城市安全的战略导向和规划创新,提高城市的适应性和风险应对的弹性。

### 1 上海面临的主要城市安全问题

国务院发布的《国家突发公共事件总体应急预案》<sup>[1]</sup>中,根据公共事件的发生过程、性质和机理,突发公共事件主要分为4类:自然灾害、事故灾害、公共卫生事件和社会安全事件(图1)。

基于上述分类,并结合上海市滨江临海的

地理位置和特征,通过情景分析方法、地理信息系统(GIS)技术和专业模型,重点对影响上海的暴雨内涝、风暴潮等自然灾害,海平面上升等极端气候事件存在的风险进行模拟、评估和区划,并着重对上海应对突发公共事件的空间对策、实施路径和综合应急响应机制提出了具体建议。

#### 1.1 暴雨内涝

上海地势低洼,部分地区排水标准较低,极易造成城市内涝、道路积水,甚至还会导致江河泛滥、田地被淹。总体上,上海的暴雨内涝发生频率高,经常导致道路积水,严重影响居民的生活出行。

上海市洪灾分为漫溢型洪灾、风暴潮型洪灾和内涝型洪灾(即暴雨内涝灾害)3种类型。上海洪灾以内涝型灾害为主,洪灾发生率较高且不均匀,洪灾次数随时间变化呈逐渐上升趋势

\*上海市新一轮城市总体规划战略研究专题报告部分成果。



图1 上海可能面临的的城市安全问题

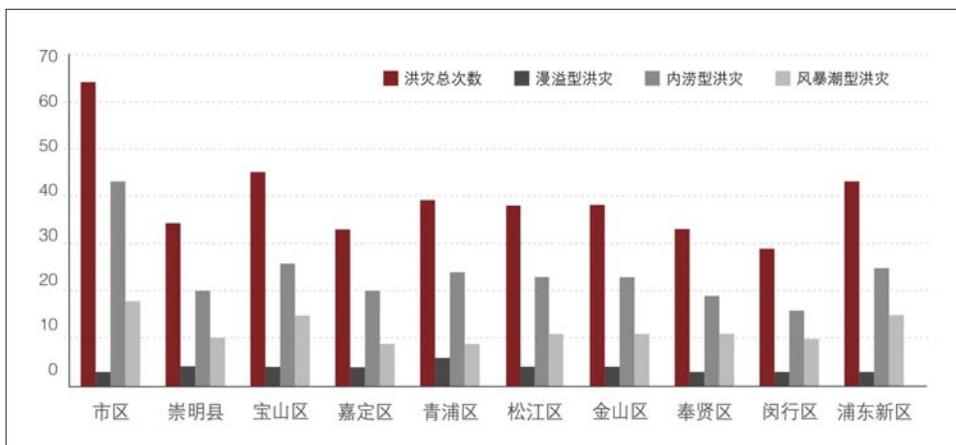


图2 1949—2000年上海各区县洪灾次数

势。上海各区县洪灾特征共同点明显,灾次空间差异显著。上海各区县均以内涝型洪灾为主,市区洪灾次数最多(图2),应成为上海洪灾风险管理的关键区域<sup>[2]</sup>。

### 1.2 台风风暴潮

上海地处我国海岸线中部,北枕长江口,南濒杭州湾,是典型的中纬度过渡带、海陆相过渡带和生态环境脆弱区域,缺乏抵御台风风暴潮的自然屏障。全市地势低平,多为滨海冲积平原,平均海拔在4 m左右(吴淞高程)<sup>[3]</sup>。近几年,台风风暴潮数量呈现上升趋势,虽然个别年份风暴潮强度较弱,影响较小,但不能轻视,台风风暴潮仍是上海城市安全的主要威胁之一,应

谨防小灾大损。

上海地区台风频数波动变化显著,总体上频数具有减少的趋势。台风风暴潮灾害造成的影响严重,极端台风风暴潮潜在影响需更加关注,2000年以来,对本市影响较大的几次台风,有200509“麦莎”、200716“罗莎”、201109“梅花”、201211“海葵”以及201323“菲特”台风。台风风暴潮的致灾机理十分复杂,灾害的链式效应明显,需要综合防范,如上海地区的“四碰头”现象,即台风、暴雨、天文大潮和太湖洪水同时发生。

### 1.3 海平面上升

海平面上升是海平面由于冰川融化而上

升的现象,是全球变暖的产物。联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第5次评估报告(AR5)中海平面上升预测结果为:在RCP8.5情景下,2100年底全球平均海平面将上升0.52—0.98 m,2081—2100年间的上升速度为每年8—16 mm(中等信度)<sup>[4]</sup>。

上海地区地势低平,完全依靠海岸防护工程保护,加上地面沉降等因素引起的相对海平面上升速率较大,使上海地区成为受海平面上升影响最为严重的地区之一。海平面的快速上升将直接影响沿海地区的地质环境及城市基础设施的功效,同时产生风暴潮、洪涝、海岸带侵蚀、盐水入侵等各种危害。具体体现在:造成滩涂湿地淹没,湿地生态系统将遭受影响;河口冲淤态势发生改变,海岸侵蚀将加剧;海平面上升将放大风暴潮灾害影响,并导致洪涝灾害危险性加剧;海平面上升将导致盐水入侵加剧,直接影响上海饮用水安全;海平面上升将降低沿海河闸排水能力,使河闸破坏或废弃<sup>[5]</sup>。

## 2 上海城市灾害风险评估和空间应对

为进一步提升上海城市运行的安全水平,重点聚焦4类未来需要重点防范的自然灾害,基于历史数据与现状情况,模拟上海2040年可能产生的城市灾害的空间影响范围,分类分区提出防灾减灾空间应对策略(图3)。



图3 上海市综合防灾空间策略图景

## 2.1 上海市暴雨内涝风险评估及应对策略

### 2.1.1 全市暴雨内涝灾害风险评估

在GIS环境下运行简化城市暴雨内涝模型,模拟不同情景条件下(90 mm/h、101 mm/h)地表积水深度分布状况,并根据各土地利用类型积水深度对其进行风险分级(图4)。整体上,上海市各区县暴雨内涝风险差异较大,中心城区暴雨内涝风险高于郊区,应成为上海市风险管控的首要对象<sup>[3]</sup>。

制定科学、合理的城市综合防灾规划,需要全面了解上海地区极端降水背景下的易涝点信息。基于2006年上海土地利用数据<sup>[6]</sup>、排水系统数据以及地形数据等<sup>[7]</sup>,在城市暴雨内涝模型(SUWM)支撑下,分别模拟并提取5年、20年、50年、100年、500年、1000年一遇6种暴雨情景可能淹没深度及范围,利用ArcGIS软件的空间分析功能,将每种情景下道路、广场积水深度和范围进行综合(道路广场积水深度>200 mm时,才会对各类建筑以及交通产生不利影响),即可得到极端降水背景下上海地区易涝点分布图(图5)。

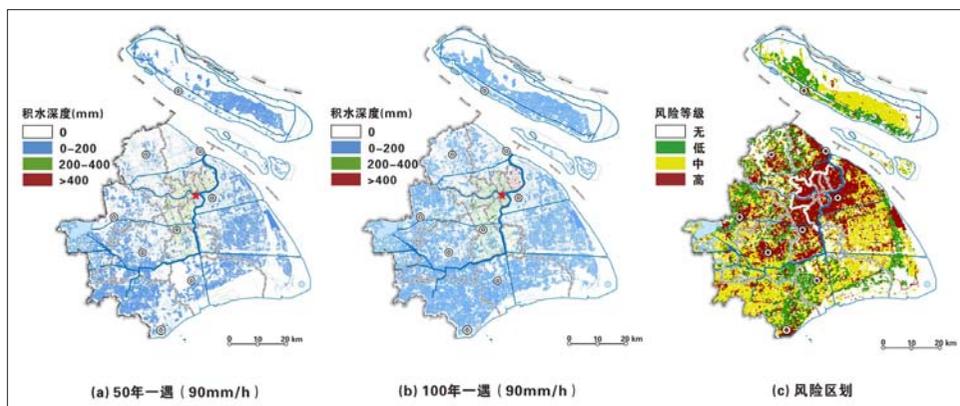


图4 不同危险性情境下地表积水模拟与风险应对

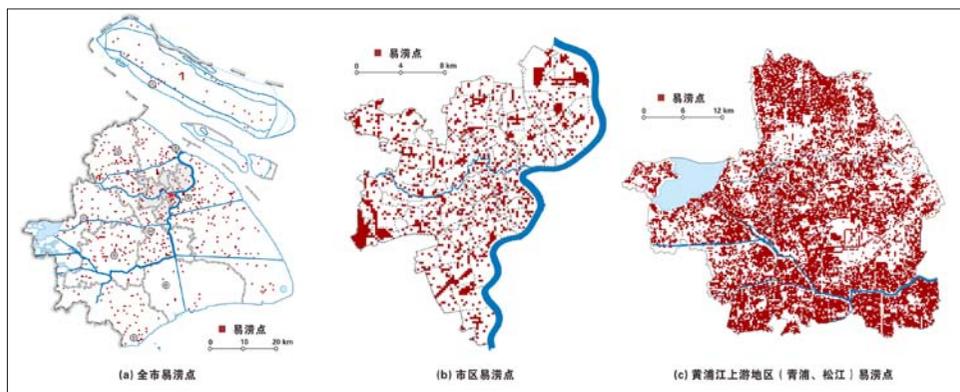


图5 极端降水背景下上海市易涝点分布图

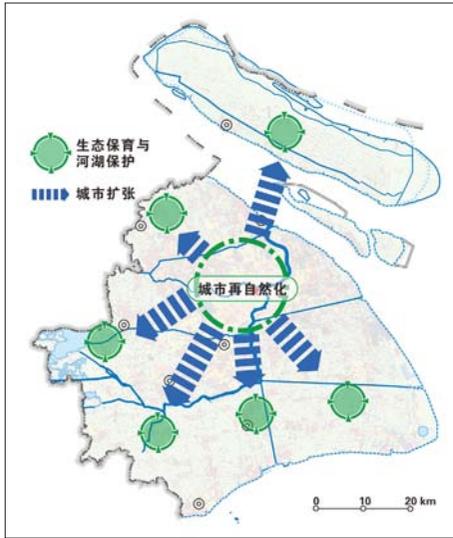


图6 上海暴雨内涝灾害空间应对规划图

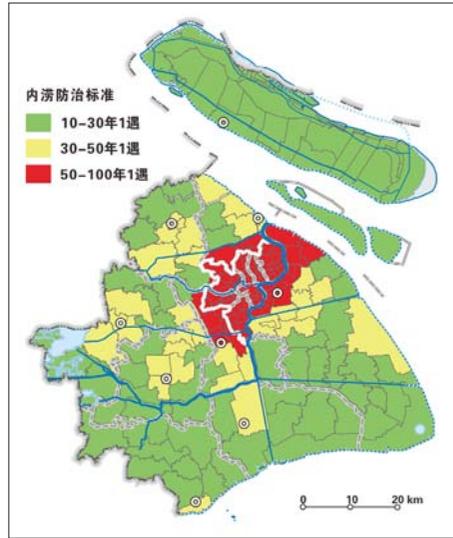


图7 上海市防涝综合规划图

路径类型	TC模板	初始情景 (2010)			未来情景 (2040)		
		S	D	L	S	D	L
正面登陆类	TC5612-1	2010	2010	2010	2040	2040	2040
	TC5612-2	2010	2010	2010	2040	2040	2040
浙江登陆	TC5612-3	2010	2010	2010	2040	2040	2040
北上类	TC5612-4	2010	2010	2010	2040	2040	2040
近海登陆类	TC0012-5	2010	2010	2010	2040	2040	2040
	TC8114-5	2010	2010	2010	2040	2040	2040

注：台风登陆点（基准点）：1、2、3、4、5；  
情景要素：海平面上升（S）、陆域沉降 & 海域冲淤（D）、海塘沉降（L）

图8 上海台风风暴潮复合情景矩阵

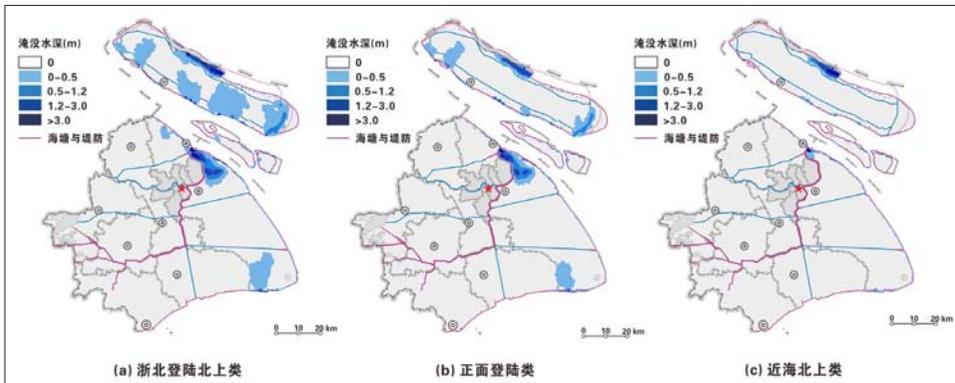


图9 不同台风登陆类型淹没区分布图

结果表明，极端强降水情境下，上海易涝点主要分布于市区以及各郊区（县）城市建成区的道路与广场；中心城区暴雨内涝风险高于郊区，属于上海暴雨风险管控的优先区域；在快速城市化背景下，上海市排水系统能力低下、水系萎缩、植被覆盖率低、不透水地面面积剧增是易

涝点形成的主要诱因<sup>[3]</sup>。

### 2.1.2 暴雨内涝防灾实施策略和空间应对

针对洪涝灾害形成的主要诱因，重点针对土地利用方式与布局，建议在暴雨内涝风险防范方面重视以下3方面工作（图6）。

(1) 市区“再自然化”。在城市规划中，通

过绿化屋顶、铺设透水路面、增加道路两侧绿化带、恢复市区区网与湖泊、改造平战多功能公园等一系列“再自然化”措施，大大减少城市不透水地面面积，可以从内涝源头大大缓解城市降雨产汇流量，进而降低市区暴雨内涝风险，并可极大改善市区生态景观。

(2) 郊区生态保育与河湖保护。在城市“同心圆”的发展模式中，市区规模不可避免地向郊区急剧扩张，应科学合理布局庭院绿地及道路两侧绿化带，铺设透水性道路，选择地势低洼的高风险区作为平战结合的多功能区（平时作为休憩景观区，战时作为暴雨、洪水的行蓄洪区），注重郊区城市规划中的生态保育，以减少降雨产汇流量；此外，城市规划应保护郊区密布的河湖水系，并避免填埋河道、湖泊，以充分发挥其防洪、蓄洪能力。

(3) 适当提高防涝标准。改造排水系统，市区及周边扩张区将区域防涝标准提高至50—100年一遇（主干道百年一遇）；市郊城镇化集中区（尤其是黄浦江上游地区）将区域防涝标准提高至30—50年一遇；郊区其他区域的区域防涝标准提升至10—30年一遇（图7）。

## 2.2 上海市郊台风风暴潮灾害风险评估及空间应对

### 2.2.1 台风风暴潮灾害的多情景风险评估

利用丹麦DHI的MIKE 21水动力模型<sup>[6]</sup>，通过对台风路径类型、海平面上升、陆域沉降、海域冲淤和海塘演变等不同情境要素在现状和目标年份（2040年）下的排列组合生成复合情景库，共12种情景（图8），并针对各种情景条件开展台风风暴潮灾害风险研究<sup>[7]</sup>。

结果表明，正面登陆类台风造成的漫堤淹没区主要位于崇明岛上的崇头、南门港、堡镇港以及奚家港附近，另外上海吴淞口和芦潮港附近也发生小范围的漫堤淹；浙江登陆北上类台风造成的漫堤淹没区对崇明岛的崇头造成比较大的影响，还在崇明北沿兴隆沙、南门港、堡镇港、奚家港、东侧的圆陀角附近，吴淞口和芦潮港附近等地均有不同程度的影响；近海北上类台风风暴潮所造成的上海地区漫堤淹没区面积

偏小,集中分布在地势偏低的崇明北沿兴隆沙附近,吴淞口和芦潮港附近出现小范围的受淹情况(图9)<sup>[9]</sup>。

### 2.2.2 台风风暴潮防灾实施策略和空间应对

为了解上海地区台风风暴潮最大可能淹没深度及范围,在2040年时间情景下,将每种路径类型台风风暴潮的淹没深度和范围进行综合,可得上海地区整体范围内的台风风暴潮危险性分布图。根据以上研究所得结果,未来上海地区在风暴洪水风险防范上应重点开展的工作(图10)<sup>[9]</sup>有以下4个方面:

(1) 在城市排涝建设时,应该考虑风暴洪水的叠加影响。目前,上海城市排涝系统建设主要考虑的是暴雨内涝灾害的影响,而对风暴洪水因素未作考虑,未来时间情景下一旦出现超过沿岸海堤防御标准的极端高潮位,将出现沿岸漫堤洪水,而目前一些地区的排水系统可能无法及时排涝。

(2) 在城市堤防工程建设时,要重视提高堤防的防御水平。加固崇明北沿、崇明南门港、堡镇港及奚家港、吴淞口、芦潮港等附近岸段的海堤;重视南汇与奉贤相邻处的岸堤、金山石化海堤以及长兴岛马家港附近海堤的地面沉降;检测海塘环境变化,提防海塘溃堤风险。

(3) 完善应急预案体系,重视防灾避难系统在城市防灾减灾中的作用。基于不同情景下的风暴潮洪水风险区划图,结合受灾人员和资源时空分布格局,合理布局规划应急避难场所,例如在崇明岛西部的向化镇、中兴镇和陈家镇等人口集中区域应该考虑新建避灾点。

(4) 健全自然灾害风险管理体系,实现综合风险转移。包括灾害保险管理应急机制,建立多层风险分担机制,大力培育再保险市场主体,加强完善政府保险监管,开展风险与风险管理的宣传普及教育等方面。

## 2.3 上海黄浦江风暴洪水风险评估和空间应对

### 2.3.1 上海黄浦江风暴洪水灾害风险评估

基于黄浦江沿岸吴淞、黄浦公园和米市渡3个主要水文站历年最大水位资料,采用我国《海

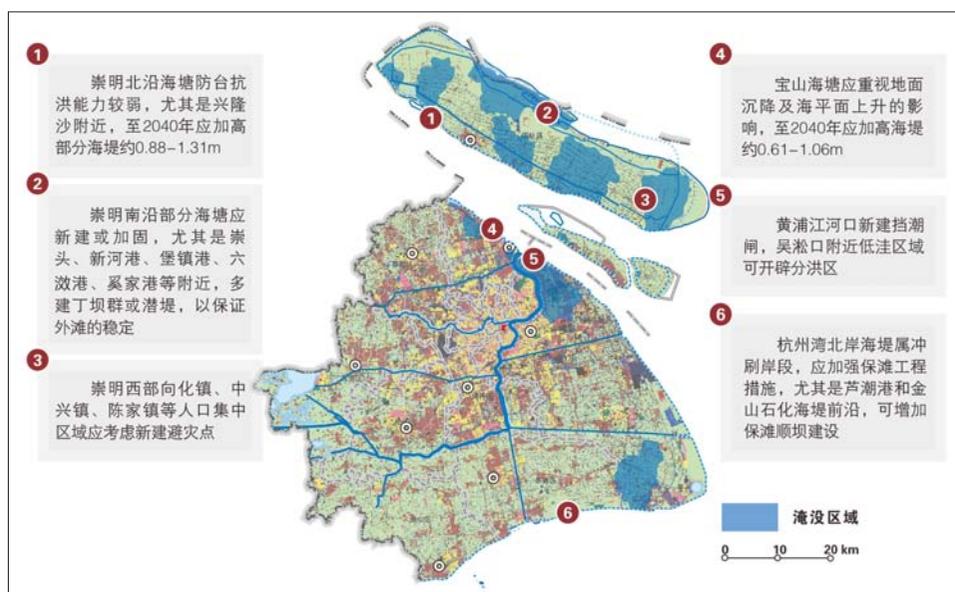


图10 上海2040年时间情景下台风风暴潮最大危险性分布图及空间应对规划图

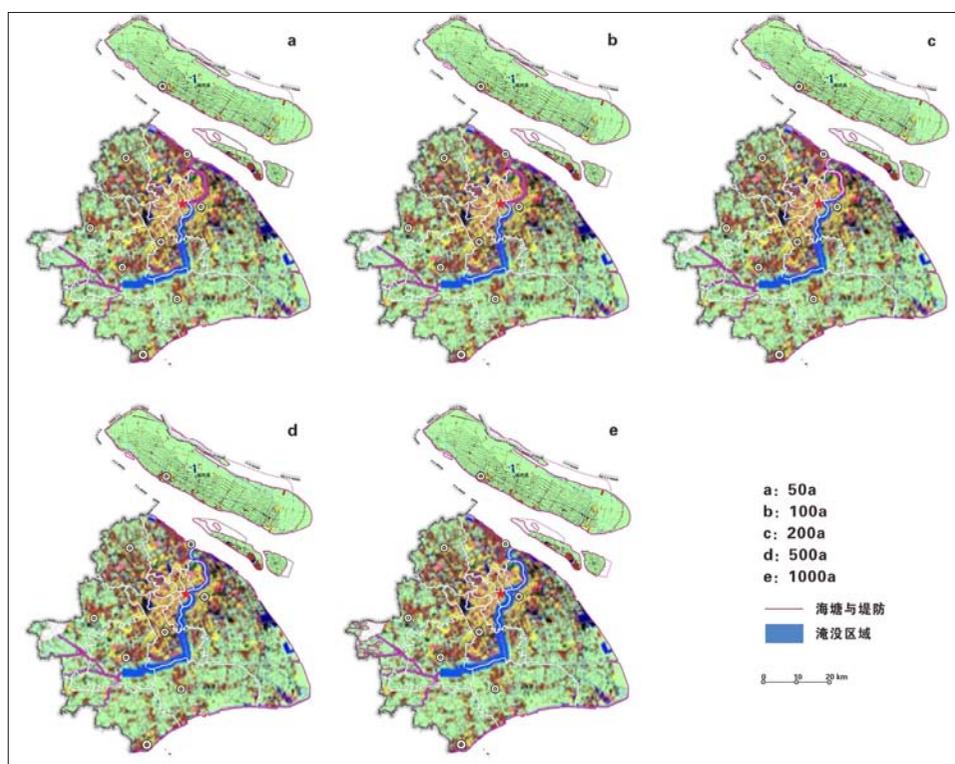


图11 不同重现期黄浦江风暴洪水最大淹没示意图

港水文规范》<sup>[9]</sup>中推荐的P-Ⅲ型频率分布,计算各站点不同重现期水位高度。依据黄浦江风暴洪水频率—强度分析结果,并对比黄浦江现有防汛墙设计水位,发现上游地区的防御能力最低,其最低设计水位仅能预防50年一遇潮位(米市渡站),50年一遇以上潮位即有可能造成漫

滩淹没。500年和1000年一遇情景可能淹没整个黄浦江两岸滨江地区(图11)。由于目前黄浦江防汛墙设计标准主要还是依据1984年频率分析结果,虽经多次加固,但黄浦江防汛墙的实际设防水平仍然无法保证所谓“千年一遇”的防汛标准。模拟结果显示:由于黄浦江自上游至下

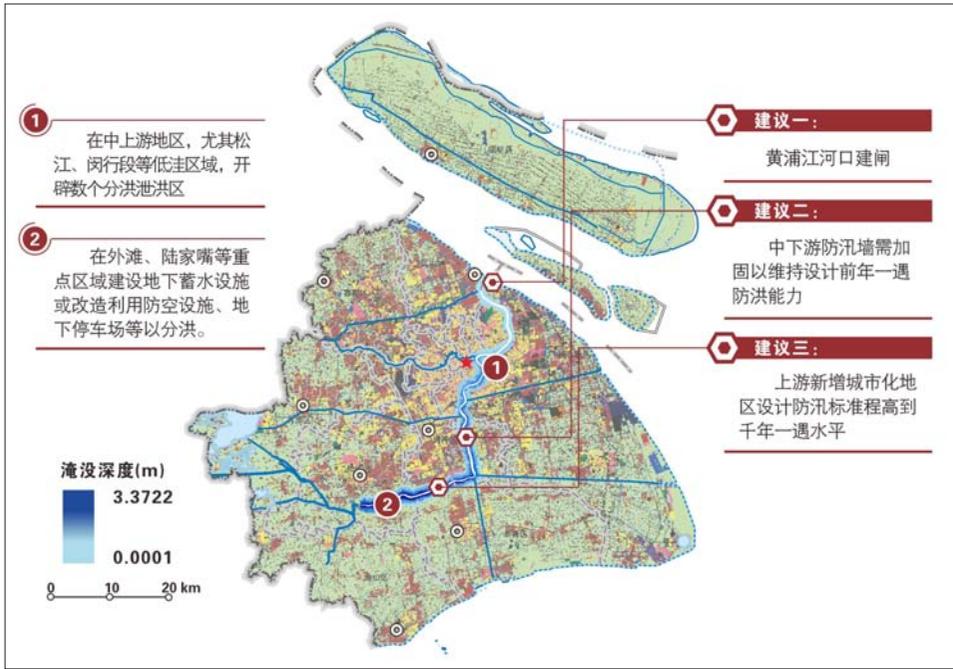


图12 黄浦江风暴洪水空间应对规划图

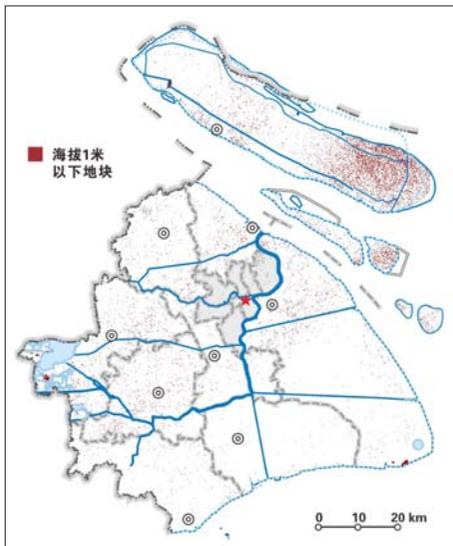


图13 上海市低海拔(1m以下)地区图

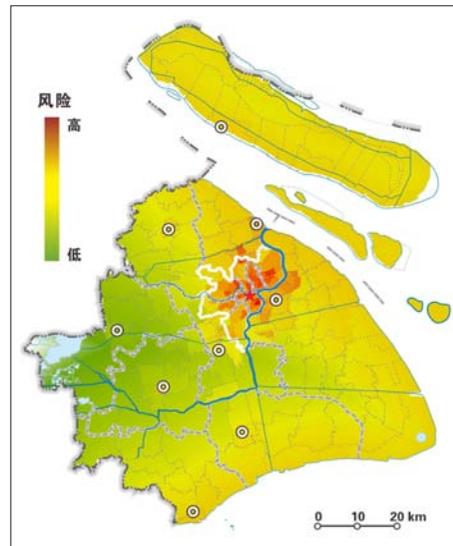


图14 极端海水淹没风险区划图

游地区高程和防汛墙逐渐增高,因而,各重现期情景淹没范围和深度呈现出自上游郊区至中下游中心城区逐渐降低<sup>[10]</sup>的状况。

### 2.3.2 上海黄浦江风暴洪水防灾实施策略和空间应对

依据上述初步研究结果,重点针对方式和布局问题,提出下列减灾降险的对策和建议(图12)。

(1) 黄浦江吴淞口建闸挡潮。一旦未来发

生特大风暴潮,可关闭河口闸门从而防止黄浦江水位过快上涨,最大程度地降低潮水漫溢导致城市洪涝灾害的风险。建闸挡潮已被荷兰、英国等发达国家广泛应用于大河入海口(如泰晤士河口)的防洪,取得了显著成效。

(2) 在河口防洪闸建成之前,需重点加固黄浦江中上游薄弱段和新增城市化地区的防洪系统,其他地区应按最新黄浦江潮位分析结果加高防汛墙,以维持其设计防洪能力。对于黄浦

江上游地区未来规划的城市化区域,建议将原来该区域防汛墙的防御标准由“五十年一遇”提高到“千年一遇”水平。

(3) 外滩、陆家嘴等重点区域建设地下蓄水库或改造利用防空设施、地下停车场等以分流洪峰流量。在黄浦中上游河段,尤其在 upstream 松江、闵行段等低洼区域,建议开辟数个分洪泄洪区。

## 2.4 上海极端海平面上升风险评估和空间应对

### 2.4.1 极端海平面上升风险评估

相对海平面上升主要由绝对海平面上升、地面沉降和地壳沉降3部分组成。基于数字高程模型(DEM),对海平面上升1m的情景进行模拟,其主要影响的是海拔1m以下的沿海区域。结果显示,受影响最大的是崇明东部、长兴岛、横沙岛和九段沙,位于长江口的水源地青草沙、陈行、东风西沙很有可能受到咸潮入侵的威胁(图13)。而人口密度越大的地方,海水淹没造成的潜在损失将越大。叠加综合分析海水入侵后的综合风险,结果显示:市中心12km的缓冲区内是风险最大的区域,这里人口密集,地势平坦,一旦被海水淹没,损失会非常严重(图14)。

### 2.4.2 极端海平面上升防灾策略和空间应对

(1) 调整空间布局。对于风险最大的半径12km的市中心,人口约940万,占全市人口的40%,应该作为核心保护区;对于沿海14km地带是重点防护和一般防护带,不宜安置过多人口和重要设施,已有重要设施需要重点保护;对于目前只有一座桥与市区相连的崇明岛,应进一步加强交通联系。

(2) 建立三线防御体系。第一道防线以滩涂、湿地、岛屿为组成部分。为此需加强对崇明东滩湿地、九段沙湿地和南汇东滩湿地的保护。第二道防线是现有的海岸堤坝,通过提高防御标准来保证海堤的抵御能力。第三道防线由现有并规划中的郊野湿地公园体系组成,公园之间建议种植防洪林,形成完整的防线。

(3) 加强工程性防御措施。通过海滩养护和防波堤建设,对沿海近岸岛屿、滩涂、湿地的

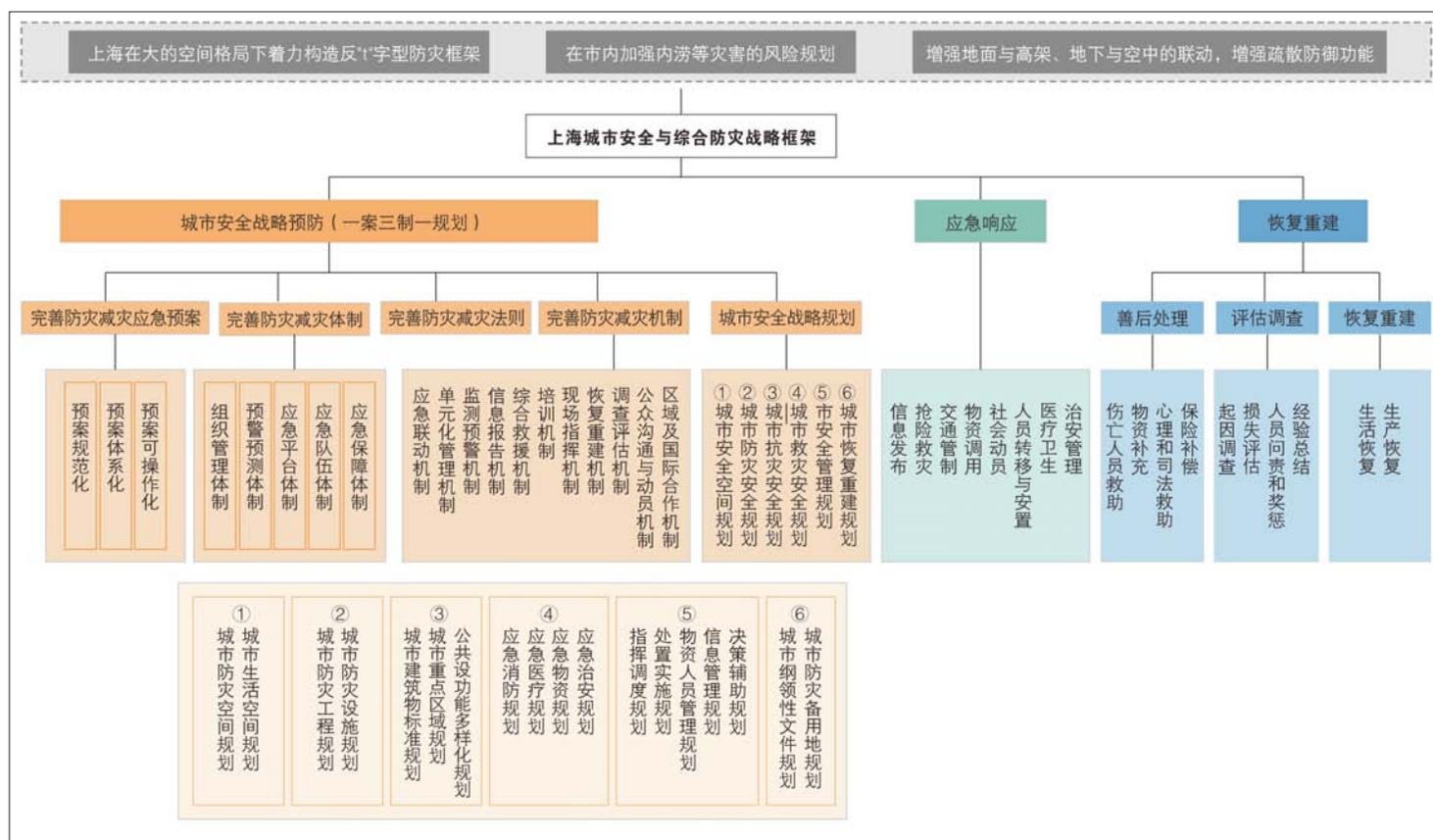


图15 上海城市安全与综合防灾战略框架

生态环境加以保护；落实黄浦江上游生态调蓄水库的建设，削减咸潮入侵对青草沙、陈行、东风西沙水源地水质的影响；沿海地区应划定10 km范围，严格控制高层建筑，防止地面沉降导致的海水入侵。

### 3 上海城市安全与综合防灾战略框架

结合《国家自然灾害救助应急预案》<sup>[11]</sup>、《中华人民共和国减灾规划（1998—2010）》<sup>[12]</sup>、《国家综合减灾“十一五”规划》<sup>[13]</sup>以及《国家综合防灾减灾“十二五”规划》<sup>[14]</sup>等文件，提出“三个重要目标、三个战略阶段”，涵盖“一案三制一规划”的上海市城市安全总体战略框架布局（图15）。

#### 3.1 三个重要目标

##### 3.1.1 上海在大的空间格局下，着力构建“U”字形防灾架构

上海市作为滨海城市，沿海区域受到自然

灾害（如台风风暴潮等）的影响颇大。另外，人口和建筑群密集的黄浦江两岸地势相对较低，内涝较为严重，沿海和黄浦江沿岸这两个区域俨然已成为城市安全问题的高发区。所以，应规划构建沿海防灾线，包括：长江口诸岛屿和湿地构成的第一道沿海防线；沿岸海堤系统构成的第二道防线；市内近岸陆地上环形湿地或绿地系统构成的第三道防线。这三道防线为一体构成沿海防灾框架，抵御大风和风暴潮等危险以及内涝等灾害。同时，加强黄浦江防汛等工程建设，合理地规划利用沿岸的城市空间。总体上，在上海大的空间格局下，需构建沿海防线和黄浦江两岸防护区构成的似为反“U”字形的防灾框架，重点关注“一心一环一江一岸”，即中心城区、外围郊县、黄浦江沿岸及滨海岸线等区域。

##### 3.1.2 在市区加强有关内涝等灾害的风险规划

上海处于沿海地区，地势低洼，再加上地面沉降和海平面上升，发生台风、暴雨等灾害时，市内内涝较为严重，辨识和了解自然灾害以及

频发的人为灾害的危险性，形成机理与预防措施是制定与执行灾害风险规划的基石。内涝风险评估有助于对易涝的区域进行规划限制，使城市居民区规划避开易涝区同时，应在易涝区域内规划开挖蓄水空间（如公园蓄水湖区），建设多功能公园及绿地系统，降低绿地标高等。

##### 3.1.3 增强上海地面与高架，甚至地下与空中的联动，加强其疏散防御功能

上海作为特大型城市，基础设施建设已覆盖大面积地下空间、地面空间、高架层以及高空层。因此，有必要加强不同层次空间结构的联动，通过多空间层次的协调作用，在紧急情况下，最大化发挥其疏散防御功能。也有利于节约社会资源，更加符合国家可持续发展的战略要求。

#### 3.2 三个战略阶段

##### 3.2.1 城市安全战略预防

城市安全战略预防主要包括完善防灾减灾

应急预案、防灾减灾体制、防灾减灾法制、防灾减灾机制和城市安全战略规划5部分的内容,即“一案三制一规划”。

(1) 完善防灾减灾应急预案。规范预案内容,应急预案的编制、批准、备案、公开、演练、评估、修订等,按照国家和本市有关规定执行;应急预案应该体系化和可操作化,包括综合应急预案、专项应急预案、部门应急预案、地方应急预案、企事业单位应急预案和大型集会活动方案,构成一个完整的体系,并建立完整的网上公开应急预案库。

(2) 完善防灾减灾应急体制,主要从组织管理体制、预警预测体制、应急平台体制、应急队伍体制和应急保障体制这5个方面来着手。

(3) 规范和完善防灾减灾法制。从法律的高度,明确各种规范应急行政权力的形势,实现正规化、法制化的应急管理,从而保障应对各种突发公共事件时有法可依、及时控制事态的发展,恢复正常的生产和生活秩序以及法律秩序。

(4) 防灾减灾机制主要包括:应急联动机制、单元化管理机制、监测预警机制、信息报告机制、综合救援机制、培训机制、现场指挥机制、恢复重建机制、调查评估机制、公众沟通与动员机制、区域及国际化合作机制,各部门按照分级管理、分级响应的原则,健全应急管理机制,明确各级管理机构的工作职责,强化地方政府“属地管理,就地消化”的能力。

(5) 战略预防阶段中城市安全战略规划可分为:城市安全空间规划、城市防灾安全规划、城市抗灾安全规划、城市救灾安全规划、城市恢复重建安全规划、城市安全管理规划。

### 3.2.2 应急响应阶段

该阶段主要工作包括开展应急处置、应急信息发布与应急救援、开展自救与互救。应急联动单位应当按照职责分工和应急预案的要求,组织调度应急队伍、专家、物资、装备等开展应急处置,并及时向市应急联动中心反馈处置情况。信息发布应当及时、准确、客观、全面,高效实施应急救援。组织、动员居(村)民,开展自救和互救,协助维护社会秩序,配合人民政府开展突发事件应对工作。

### 3.2.3 恢复重建阶段

该阶段应根据本地区遭受损失的情况,制定救助、补偿、抚慰、抚恤、安置等工作计划并组织实施。恢复重建工作按照属地管理的原则,由事发地政府负责,对事件起因、性质、影响、责任、经验教训和恢复重建等问题进行调查评估与总结上报,恢复社会治安秩序、开展灾后重建、恢复生产和生活。

## 4 结语

本文基于上海城市安全与综合防灾的总体需求,在对影响上海城市安全的主要自然灾害进行危险性情景分析和风险评估的基础上,对上海应对极端自然灾害的空间对策、实施路径、综合应急响应机制等提出了针对性建议。研究成果对提升上海城市安全关注度,探索保障城市安全的战略导向和规划创新,提高城市适应性和应对风险弹性等具有参考意义。

## 参考文献 References

- [1] 国务院. 国家突发公共事件总体应急预案[R]. 2015.  
The State Council of the People's Republic of China. General contingency plan for national public emergency[R]. 2015.
- [2] 刘敏, 权瑞松, 许世远. 城市暴雨内涝灾害风险评估[M]. 北京: 科学出版社, 2012.  
LIU Min, QUAN Ruisong, XU Shiyuan. Urban rainstorm waterlogging disaster risk assessment [M]. Beijing: Science Press, 2012.
- [3] 许世远等. 上海城市自然地理图集[M]. 上海: 中华地图学社, 2004.  
XU Shiyuan, et al. Shanghai physical geography atlas[M]. Shanghai: Chinese Map Society, 2004.
- [4] IPCC. Climate change 2013: the physical science basis, in contribution of Working Group I to the fifth

Assessment Report of the intergovernmental panel on climate change[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2013: 1535.

- [5] 徐健. 海平面上升对上海的影响及对策措施研究[J]. 中国水运, 2012 (11): 28-29.  
XU Jian. Impact and the countermeasures study of sea level rise on Shanghai[J]. China Water Transport, 2012(11): 28-29.
- [6] Danish Hydraulic Institute (DHI). Mike 21 & Mike 3 Flow Model FM hydrodynamic and transport module scientific documentation[J]. Denmark: DHI Water & Environment, 2013.
- [7] 王军, 叶明武, 李响, 等. 城市自然灾害风险评估与应急响应方法研究[M]. 北京: 科学出版社, 2013.  
WANG Jun, YE Mingwu, LI Xiang, et al. Study on urban natural disaster risk assessment and emergency response methods[M]. Beijing: Science Press, 2013.
- [8] 宋城城, 李梦雅, 王军, 等. 基于复合情景的上海台风风暴潮灾害危险性模拟及其空间应对[J]. 地理科学进展, 2014, 33 (12): 1692-1703.  
SONG Chengcheng, LI Mengya, WANG Jun, et al. Simulation of typhoon storm disaster in Shanghai and its spatial response based on scenario analysis[J]. Progress in Geography, 2014, 33(12): 1692-1703.
- [9] 中华人民共和国交通运输部. 海港水文规范[R]. 2013.  
The Ministry of Transport of the People's Republic of China. Code of hydrology for sea harbor[R]. 2013.
- [10] 尹占娥, 许世远. 城市自然灾害风险评估研究[M]. 北京: 科学出版社, 2012.  
YIN Zhan'e, XU Shiyuan. Urban natural disaster risk assessment study[M]. Beijing: Science Press, 2012.
- [11] 国务院. 国家自然灾害救助应急预案[R]. 2011.  
The State Council of the People's Republic of China. Contingency plan for national natural disaster relief[R]. 2011.
- [12] 国务院. 中华人民共和国减灾规划(1998—2010) [R]. 1998.  
The State Council of the People's Republic of China. Disaster reduction plan (1998-2010)[R]. 1998.
- [13] 国务院. 国家综合减灾“十一五”规划[R]. 2007.  
The State Council of the People's Republic of China. The 11th Five-Year Plan on national comprehensive disaster reduction[R]. 2007.
- [14] 国务院. 国家综合防灾减灾“十二五”规划[R]. 2011.  
The State Council of the People's Republic of China. The 12th Five-Year Plan on national comprehensive disaster prevention and reduction[R]. 2011.