

# “7·20”背景下上海市水利基础设施韧性提升策略研究

王建生

(上海市堤防泵闸建设运行中心,上海市 200050)

**摘要:**近年来,极端天气频发,洪涝灾害已逐渐成为我国城市地区现阶段所面临的最为突出的自然灾害之一。汲取河南省郑州市“7·20”特大暴雨灾害教训,深入分析上海市洪涝防治现状,并以杨浦区杨树浦港水系为例,进行“7·20”暴雨情景下的洪涝风险推演。从“夯实水利基础设施建设、提升洪涝工程体系韧性、强化风险管理管控”三个方面,提出上海市水利基础设施韧性提升策略,以减少极端降雨发生后的洪涝灾害损失,为系统化解决上海市洪涝问题提供新思路。

**关键词:**上海;洪涝治理;水利基础设施;韧性

**中图分类号:** TV1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1009-7716(2024)10-0138-04

## 0 引言

2021 年 7 月 17 日—23 日,河南省出现了历史罕见的特大暴雨,造成了郑州城区严重的内涝灾害及人员伤亡<sup>[1]</sup>。此外,2023 年,“7·31”北京暴雨、“9·7”香港暴雨等,也都给城市带来了巨大的影响。

城市安全直接关系到人民的生命财产安全,韧性城市建设是我国未来一段时间内城市建设的一项战略目标<sup>[2]</sup>,而水利基础设施的安全韧性是城市安全韧性的重要保障之一。上海滨江临海,地势低平,作为特大型城市,对风、暴、潮、洪等灾害的敏感性高,洪涝防治压力大,本文结合郑州“7·20”特大暴雨等背景,通过深入分析上海市洪涝防治现状,探讨水利基础设施韧性提升的新思路、新对策。

## 1 上海市洪涝防治现状

### 1.1 暴雨洪潮特征

上海城镇化率较高,下垫面条件的特殊性导致降雨时空分布呈现出明显的城市化特点,特大城市具有的热岛、雨岛效应十分显著。根据 1978—2020 年逐日雨量资料,上海市发生暴雨总计 633 场,平均每年发生约 15 场,其中,暴雨 11 场、大暴雨 3 场,特大暴雨 2.3 a 1 场。另外,结合趋势分析可以看出,近年

来,暴雨、大暴雨场次明显增多,特大暴雨概率亦有所增大。

同时,由于强降雨和台风等极端天气频率的增加,黄浦江的上游代表站水位不断升高,加上上游圩区排涝能力增加显著,河道整治加快加大洪水汇集、上下游错峰时间缩短,进一步加剧了上下游洪涝矛盾,增加了黄浦江的防洪风险。2000 年以后,黄浦江干流的年最高潮位和平均高潮位比 2000 年以前均有不同程度的抬升,且上游抬升幅度要远大于下游。而杭州湾、长江口高潮位基本处于稳定状态。

### 1.2 水利基础设施建设现状

上海属于平原感潮河网地区,是典型的江南水乡,河道星罗棋布、纵横交错,全市河湖数量达 4.7 万余条(段),总长度超 3 万 km,河网密度高达 4.79 km/km<sup>2</sup>。全市共有 14 个水利分片,除 2 个敞开片外,其余 12 个水利片已形成有效控制体系,水闸 2 837 座,泵站 1 763 座。

在泵站建设方面,根据《上海市水网建设规划》,规划外围水闸总孔径约 4 175 m,现状仅 2 948 m,需增加 1 227 m;规划外围泵站总流量约 2 871 m<sup>3</sup>/s,现状仅 1 146 m<sup>3</sup>/s,需增加 1 725 m<sup>3</sup>/s。

在堤防建设方面,根据《第一次自然灾害综合风险普查上海市水旱灾害风险普查总报告》<sup>[3]</sup>:黄浦江及其上游堤防已全线达标;苏州河堤防未达标岸段长度 67.10 km,占比 53.37%;主海塘未达标岸段长度

收稿日期:2024-07-09

作者简介:王建生(1980—),男,工学学士,高级工程师,从事水利建设与管理工作。

106.46 km, 占比 21.43%; 其他堤防未达标岸段长度 44.6 km, 占比 3.84%。截止 2020 年 12 月, 黄浦江及其上游堤防、苏州河(吴淞江)堤防共计出险 33 次, 主海塘共计出险 10 次。

### 1.3 “7·20”暴雨情景下洪涝风险推演

为更好的说明上海市洪涝防治现状, 本文以杨浦区杨树浦港水系为例, 分析“7·20”暴雨情景下河道归槽除涝高水位情况, 详见表 1。结合计算分析表明, 河道除涝高水位与外江遭遇的潮位情况及市政雨水排水系统标准密切相关。

表 1 杨树浦港水系“7.20”洪涝推演结果

河道情况	雨水系统	遭遇潮位	除涝高水位 /m	高水位持续时间 /h
现状	现状	“639”同步潮型	4.52	3.5
现状	现状	“麦沙”同步潮型	5.30	11.3
现状	提标改造	“639”同步潮型	5.50	13.1
现状	提标改造	“麦沙”同步潮型	5.83	18.1

现状工况下, 杨树浦港水系两岸雨水系统均为强排系统, 入河流量边界按各雨水强排泵站规模进行计算, 合计 160 m<sup>3</sup>/s。在发生“7·20”暴雨遭遇“639”暴雨相应同步潮型的不利组合工况下, 杨树浦港水系除涝高水位达到 4.52 m, 超过 4.44 m 的高水位持续时间 3.5h; 若将遭遇潮型改为“麦沙”同步潮型时, 河道归槽除涝高水位升到 5.3 m, 超过 4.44 m 的高水位持续时间 11.3 h。

考虑远期雨水排水标准提高至 3~5 a 一遇, 则排入河道的流量由 160 m<sup>3</sup>/s 提高至 370 m<sup>3</sup>/s, 在发生“7·20”暴雨遭遇“639”暴雨相应同步潮型的不利组合工况下, 现状河道归槽除涝高水位升到 5.5 m, 超过 4.44 m 的高水位持续时间 13.1 h; 若将遭遇潮型改为“麦沙”同步潮型时, 现状河道归槽除涝高水位升到 5.83 m, 超过 4.44 m 的高水位持续时间 18.1 h。

经分析, 现状工况下, 由于片区内雨水管道标准较低, 雨水长时间积蓄在道路地块内, 排入河道流量相对较小; 远期, 由于雨水管道标准提高, 道路地块积水减少, 涝水快速汇入河道, 而河道外排能力不足、河湖调蓄库容偏小, 导致高水位上升、高水位持续时间增加。

## 2 上海市水利基础设施韧性提升策略

结合杨树浦港水系“7·20”实况推演, 现有水利基础设施无法在超标准洪涝下保障城市安全。在超

标洪涝灾害面前, 如何最大程度地组织系统化、体系化的应对, 实现“城市不看海、工程不失事、次生灾害不发生、力争不死一个人”的目标, 最大程度确保人民生命财产安全, 成为当前面临的一项重大课题。结合本职工作, 吸取“7·20”惨痛教训, 主要有以下几点启示。

### 2.1 夯实水利基础设施建设

#### 2.1.1 推进水利基础设施达标建设

防御城市洪涝及其次生灾害, 工程是基础。目前, 我国主要城市包括郑州均已基本建成外围江河堤防、城市主干河道、城区排水管网相结合的多层次防护体系。水利基础设施作为其重要组成部分, 应该在城市建设过程中给予充分重视。“7·20”事件暴露了郑州市水利基础设施的短板, 给各地城市建设敲响警钟, 城市建设中, 要给河湖行洪、涝水下泄留足出路。

上海作为我国的金融中心, 人口、经济高度聚集, 社会经济地位决定了其淹不得、涝不起, 必须高标准设防。经过多年综合治理, 上海目前已经形成“千里海塘、千里江堤、区域除涝、城镇排水”四道水安全防线, 为保障经济社会正常运行和人民生命财产安全作出积极贡献。但现阶段仍存在部分水利基础设施尚未达标(详见 1.2 节), 下阶段须合理增加水利基础设施投入, 有效提升防御能力。

结合杨树浦港水系模拟结果, 水系两岸雨水排水系统设计重现期普遍偏低, 遭遇标准降雨时, 雨水泵站规模不足将导致道路地块长时间积水。分析表明, 现状工况下, 遭遇“7·20”暴雨城区积水时间将超过 32 h, 最大积水量达到 1 200 万 m<sup>3</sup>, 低洼区域积水深度超过 1m, 严重威胁居民生命财产安全。为此, 亟待开展城区雨水排水系统提标改造, 提高雨水管网过流能力及泵站规模, 同时对尚未达标的河道、泵闸等水利基础设施进行达标建设, 有效蓄排涝水。达标建设后, 积水时间、最大积水量、最大积水深度均有不同程度下降, 见表 2。

表 2 杨树浦港水系水利基础设施达标建设前后除涝能力分析

工况	积水时间 /h	最大积水量 / 万 m <sup>3</sup>	最大积水深度 /m
现状	32	1 200	1
达标	20	820	0.7

#### 2.1.2 系统建设区域安全韧性水网

百川东流, 最终归海。郑州市自然地貌为西南高、东北低, 城区涝水根据地势由西向东就近布排, 通过雨水管网排入金水河、熊儿河等 6 条泄洪河道, 最后汇入贾鲁河, 从市区东南排出。6 支河 1 干河构

成其城市的主干水网。此次洪涝长时间在城市滞蓄，与干河出险下泄不畅，也有极大的关联。

就上海市而言，纵横交错的河湖水系，为构建上海水网提供了良好的本底条件，有序建设的流域及区域水利工程，为增强水网调控能力提供了设施基础。2024年2月，上海市人民政府批复了《上海市水网建设规划》<sup>[4]</sup>，提出了“三江一网十枢”的水网总体布局，并指出上海水网建设主要任务之一——完善水灾防御、安全韧性的防汛减灾体系：一是建设黄浦江中上游堤防加高加固工程和河口闸工程，提升黄浦江防洪能力，提高城市防洪韧性；二是实施吴淞江工程，提高太湖流域防洪能力，提高本市防洪除涝标准，同时改善河湖生态环境质量；三是推进主海塘达标建设，筑牢海塘安全屏障；四是加大河道整治力度，加快水利片区外围泵闸建设，提高区域除涝能力。下阶段，将围绕水网建设主要任务，开展相应工作。

## 2.2 提升洪涝工程体系韧性

### 2.2.1 加强水域空间管控

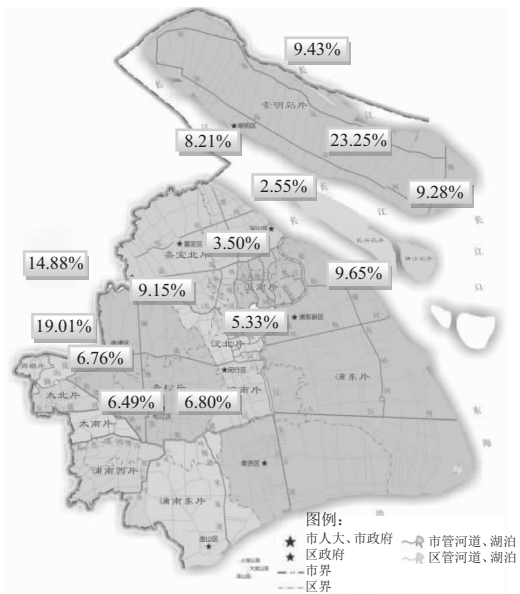
江河湖泊是蓄排洪涝的主要空间。洪涝灾害根本原因是人水空间的矛盾冲突。根据《2022年上海市河道(湖泊)报告》，上海全市河道(湖泊)面积共652.935 5 km<sup>2</sup>，河湖水面率达10.30%，但大部分水面集中在城郊，主城区水面率较低，如图1所示。

杨树浦港水系总服务面积27.56 km<sup>2</sup>，而杨树浦港、虬江、东走马塘现状水域面积约为0.38 km<sup>2</sup>，水面率仅为1.4%，遭遇“7·20”暴雨，最高涝水位达5.83 m(雨水系统完成达标改造)。若片区达到上海市平均水面率10%，最高涝水位仅4.38 m，可控制在最高控制水位4.44 m以内，保障区域除涝安全。

在城市建设中，必须严格管控河湖水域空间，统筹全域河湖公园建设，推动低影响开发模式，切实把河湖塘坝等水空间作为红线保护下来，遭受洪涝时，分蓄涝水、排泄洪水。

### 2.2.2 推动蓄排潜力挖掘

在高度城市化的背景下，提升城市洪涝防治能



(《2022年上海市河道(湖泊)报告》)

图1 2022年各水利片河湖水面率统计图

力受到用地的严重制约，传统城市洪涝治理模式，难以适应上海这样一个特大城市的治理需求。在全球气候变化、极端暴雨频发的形势下，如何进一步挖潜蓄排能力是韧性提升的重要路径。

根据上海市平原河网特性，考虑可通过挖深河道、加大外排泵闸规模等措施提高洪涝的排泄能力，降低河道高水位及其持续时间，降低内涝风险，提高极端天气应对能力，夯实城市韧性。经测算(见表3)，杨树浦港水系在远期雨水排水系统提标改造后，若同步将河道底标高由现状的0 m降低至-1 m，杨树浦港水闸、虬江水闸宽度分别由现状的8 m和14 m拓宽至12 m和16 m后，在发生“7·20”暴雨遭遇“麦沙”暴雨相应同步潮型的不利组合工况下，杨树浦港水系除涝高水位由现状的5.83 m降低至5.50 m，水闸外排流量峰值由140 m<sup>3</sup>/s增加至160 m<sup>3</sup>/s，高水位持续时间由18.1 h缩短至9.0 h。可见，通过挖深河道、拓宽水闸，能有效提升骨干通道的外排能力，显著降低河道除涝高水位，大幅缩短高水位持续时间。

表3 杨树浦港水系蓄排潜力挖掘前后除涝能力分析

河道工况(河底高程)/m	水闸工况		雨水系统	外排流量 / (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	除涝高水位 /m	高水位持续时间 /h
	杨树浦港(闸宽)/m	新虬江水闸(闸宽) /m				
0.0	8	14	提标改造	140	5.83	18.1
1.0	12	16	提标改造	160	5.50	9.0

注：计算工况均采用“7·20”暴雨遭遇“麦沙”同步潮型。

此外,根据国务院办公厅《关于加强城市内涝治理的实施意见》和《上海市城市总体规划(2017—2035年)》建设韧性城市的要求<sup>[1]</sup>,为提高上海市应对超标降雨的能力,应树立平急两用、平急转换的理念,充分挖掘蓄排潜力,布局若干平战调蓄设施(如挖潜绿地湖泊、利用公园广场、建设深层隧道等),联动累加、形成合力,进一步提升城市防汛安全韧性,共同消纳城市暴雨径流,构建韧性城市洪涝防治工程体系<sup>[6]</sup>,避免洪涝防治解决路径的唯一性以及现有工程体系的脆弱性。

### 2.3 强化风险管理管控能力

#### 2.3.1 落实薄弱地带防淹措施

地下空间及下凹区域等是城市洪涝灾害易出险的薄弱地带。截至目前,上海市已建成地下空间共超4万处,总建筑面积超过1.4亿m<sup>2</sup>。随着大面积、超深度、综合化的地下空间逐年递增,面对台风、暴雨等自然灾害天气,地下车库、下沉广场及地铁等地下空间一旦发生涝水倒灌,将给人民的生命财产安全造成重大损失,为此需深入开展地下空间防淹设施建设,检查地下车库、下沉广场、地铁的防淹设施及应急预案编制情况,定期开展地下空间防淹应急联动处置演练,全面提升地下空间防淹应急处置能力和救援抢险能力,严防极端暴雨导致的地面涝水倒灌地下空间,筑牢地下空间等薄弱地带安全屏障。

#### 2.3.2 建立风险隐患动态管理

“祸患常积于忽微”,在加强本市海塘、黄浦江堤防、苏州河堤防、雨水泵站、水利泵闸等日常运行养护的同时,为确保隐患排查到位,建立分级分类管理制度和风险隐患信息数据库,运用大数据、云计算、

人工智能等新技术和新方法分析监控,落实城市遭受不同规模超标暴雨洪涝时的风险图,为应急决策与响应提供基本的依据,确保关键时刻能拉得出、调得动、用得上,在大灾时降低灾损、小灾时有效防范,有效确保城市运行安全。

### 3 结语

苦难可以兴邦,灾害必须防范。郑州本轮极端暴雨的灾难及规模影响,远超水利工程调控能力,是对一地水利基础设施建设的严苛检验,也对韧性城市建设提出了更高要求。城市洪涝防治标准不可能一味无限地提高,当发生超标降雨时,洪涝灾害不可避免,作为城市建设者、管理者,我们务必要认真总结与反思,深入分析面临的形势,科学把握面临的战略机遇和风险挑战,提升水利基础设施韧性防御能力,减少极端降雨发生后的洪涝灾害损失,只争朝夕、乘势而上,以实际行动助力上海水务事业高质量发展。

#### 参考文献:

[1] 中华人民共和国应急管理部.河南郑州“7·20”特大暴雨灾害调查报告[R].北京:中华人民共和国应急管理部,2022.  
 [2] 中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议 [EB/OL].(2020-11-3)[2024-04-16].[https://www.gov.cn/zhengce/2020-11/03/content\\_5556991.htm](https://www.gov.cn/zhengce/2020-11/03/content_5556991.htm)  
 [3] 上海市水务局.第一次自然灾害综合风险普查上海市水旱灾害风险普查总报告[R].上海:上海市水务局,2023  
 [4] 上海市水务局.上海市水网建设规划[R].上海:上海市水务局,2023.  
 [5] 上海市水务局.上海市平急两用雨水调蓄设施规划设计导则[S].  
 [6] 陈文龙,杨芳,宋利祥,等.高密度城市暴雨洪涝防御对策[J].中国水利,2021(15):18-23.



## 《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿邮箱:cdq@smedi.com 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com