

上海浦东新区外环以内排水(雨水)防涝综合规划研究

施侠¹, 郑弘², 施萍³

(1.上海南汇水务投资建设有限公司,上海市 200120; 2.上海市浦东新区生态环境局,上海市 201204;

3.上海勘测设计研究院有限公司有限公司,上海市 200120)

摘要:随着城市化进程的快速推进和极端天气的增加,影响城市安全的内涝问题日益受到公众关注。浦东新区位于上海市东部,河道分布不均,呈现南密北疏、中心城外密中心城内疏等特点,传统的排水规划已经不能完全满足现状城市安全的需要。结合城市特点,浦东新区排水防涝规划坚持“绿灰蓝管”多措并举的理念,深度挖潜现有设施,合理解决好源头控制与大、小排水系统的组合问题;通过构建模型评估城市内涝风险、高效预测区域积水灾害、明确重点提标改造地区,有效提升规划效率并及时反馈规划效果。规划通过对已建系统进行低影响开发及现有排水设施多用途利用等方式对排水系统进行提标改造,有效提升城市排水防涝能力,可为今后同类规划的编制提供参考和借鉴。

关键词:排水防涝;内涝风险评估;提标改造;低影响开发

中图分类号: TU992.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)08-0135-05

0 引言

随着城市化进程的快速推进,城市内涝问题已经成为威胁城市安全的重要问题之一^[1-3]。内涝严重影响城市市民的正常出行,造成经济损失,威胁城市市民生命安全。但是,长期以来,市政排水管网和排涝设施系统的建设未受到应有的重视而滞后于城市建设^[4,5]。2013年3月国务院办公厅发布了《关于做好城市排水防涝设施建设工作的通知》;2013年6月住房和城乡建设部颁布了《城市排水(雨水)防涝综合规划编制大纲》,提出了很多先进的排水理念,增加了内涝风险评估、防涝系统规划等内容,一定程度上增加了编制难度^[6]。如何科学编制城市排水防涝规划已是迫切需要研究和探讨的重要课题。

上海浦东新区经济增长迅速、城市化水平高,排水体制为分流制,外环线以内地区排水方式以强排模式为主,除重点地区外的大部分建成地区的雨水排水系统排水能力只有1年1遇规模;存在建设年度较早、标准偏低,排水能力不足、截污能力有限,空间紧缺、改造困难等问题,不能适应当今的气候变化和城市发展的需要,与上海市2035总规“卓越的全球城市”目标定位存在较大差距。本规划借鉴国际先进城市排水建设经验,坚持“绿、灰、蓝、管”多措并举的规划理念,结合浦东新区现有排水系统及区位特

点,系统地对排水系统进行提标改造规划设计,从根本上解决内涝问题。

1 区域概况

浦东新区位于上海市东部,由长江流沙不断淤积,经江海潮流长期相互作用逐渐连片孕育成陆,属江海冲积平原。全区地势较为平坦,整体上西北低、东南高,地面高程一般在3.5~4.5 m(上海吴淞高程,下同),个别地区在3.2 m左右,平均高程约为4.2 m。浦东新区三面环水,属于平原感潮河网地区,水位易受沿江沿海潮汐影响,区内河网纵横交错,水系发达。目前,浦东新区外环线以内全部为分流制排水体制,共有99个排水系统,其中内环线以内10个、内中环间38个、中外环间51个,雨水排水系统以强排水模式为主,缓冲式排水模式为辅。

2 现状主要问题

2.1 排水防涝标准有待提高

目前,浦东新区外环内约80%的排水系统或地区采用1 a一遇标准,与国家新要求 and 国外发达城市相比,排水防涝标准明显偏低。在早前城市化快速推进过程中,下垫面透水性能降低,河网疏密不均,造成内河调蓄能力不足,加上近年来,全球气候异常,极端强降雨频现,遭遇灾害性气候时,排水管网和城市防汛安全面临极大压力,给城市民生产、生活带来很大不便。

收稿日期: 2023-05-09

作者简介: 施侠(1983—),男,学士,工程师,从事水务建设项目管理工作。

2.2 污水收集系统需进一步完善

浦东新区现状污水处理率约 93.64%, 根据全市污水规划, 城乡污水要达到全收集、全处理, 污水收集处理系统还需进一步完善。此外, 现状南干线等污水总管建设年代较久, 管道老旧, 也需要根据新的城市规划和排水需求更新改造。

2.3 传统排水手段以“灰”为主, 绿色生态理念不足

传统排水主要依靠管渠、泵站等“灰色”设施来排水, 以“快速排除”和“末端集中”为主要治理理念, 在全球气候异常、城市快速化发展的背景下, 城市逢雨易涝、旱涝急转的现象越来越多。从提高排水防涝能力和节约利用水资源的角度, “快排”模式应需向“蓄排”模式转变, 因地制宜、综合运用海绵城市措施, 增加源头绿色调蓄设施, 有效控制降雨径流流入城市排水管网, 提升城市适应环境变化、抵御自然灾害等能力。

2.4 面源污染比例逐年增大, 治理力度需加强

雨污混接严重, 初期雨水截流和处理标准与收纳水体环境容量没有很好衔接, 截流规模偏小、处理以物理处理为主, 造成面源污染并对水环境持续改善构成威胁, 河道水环境水功能区达标率低。同时, 接纳初期雨水截流的污水干线余量有限且年久老化, 急需另找面源污染治理途径。

2.5 运行管理难以适应排水行业精细化管理的需求

排水系统智能化监测、预警、运行、监管的水平较弱, 亟待提升排水系统的信息化应用水平, 建立具有灾害监测、预报预警、风险评估等功能的综合信息管理平台, 构建精细化监管服务平台, 适应未来规划多功能的调度管理需求。

3 现状内涝风险评估及规划目标

3.1 现状内涝风险评估

规划以浦东新区排水管网 GIS 数据为基础, 结合下垫面分析成果建立了各排水系统的现状模型。模型模拟了各系统在 1 a、3 a、5 a 及 100 a 一遇不同降雨条件下的积水情况。整体来说, 随着降雨强度的加大, 浦东新区外环以内积水区域明显增大。 $P=1$ a 工况时, 部分强排系统及自排区域存在积水; $P=3$ a 工况时, 积水范围有所增加; 当 $P=5$ a 和 $P=100$ a 工况时, 积水范围显著增加, 部分区域积水深度大于 0.5 m, 存在较大的积水风险。

3.2 规划目标

至 2035 年, 规划区域范围内雨水排水系统基本

达到 5 a 一遇能力, 100 a 一遇内涝可控, 溢流污染负荷控制率达到 80%(以 SS 计), 水环境质量满足水功能区划要求。规划区域范围内形成布局合理、安全可靠、环境良好、管理有效、智慧韧性的现代化城镇雨水排水体系。实现城乡污水全收集全处理, 通过调蓄设施和海绵设施建设, 城市面源污染得到有效治理, 基本满足水功能区划的要求。

4 总体规划方案

4.1 规划策略

规划借鉴国际先进城市排水经验, 坚持“绿、灰、蓝、管”多措并举的规划理念。“绿、灰、蓝、管”四类规划措施各有所长, 但又互相依存、不可偏废。绿色设施从源头控制雨水径流, 降低雨水峰值规模和减少外排雨水总量、净化雨水水质, 提升城市景观; 灰色设施衔接源头地块和末端河道, 承担了雨水输送、调蓄和排放功能, 是应对汛期集中降雨、治理合流制溢流污染不可缺少的托底设施; 蓝色设施作为天然的海绵体, 为雨水排放提供出路, 是雨水的最终受纳载体; 管理措施可保证绿色、蓝色、灰色设施正常发挥功能, 提升城市韧性。

(1) 现有排水设施挖潜

经过 30 多年的建设, 浦东新区外环以内排水系统已基本建成, 部分排水系统当年建设标准较高(实际排水能力大于 $P=1$), 规划对现有排水系统进行充分核算并通过计算机模拟验算, 在对现有系统内排水管道进行部分改造后, 通过设备更新、扩容等手段提升设施的排水能力, 以满足新标准下的排水要求。

(2) 优化系统运行模式

部分系统内开发强度较高, 地块已基本建成, 区域内道路狭窄、河网密布。结合系统内地面高程较高、河网密布的特点, 对现有“强排”系统进行调整, 升级为“强、自结合”的排水系统。具体为, 在 $P=1$ 及以下降雨强度(含 5 mm 初期雨水)时, 仍保持现有排水模式不变, 当 $P>1$ 降雨来临时, 缩小泵站服务范围, 部分临河区域通过闸门控制, 调整为就近直排入河。

(3) 跨区域优化排水能力

部分排水系统为近期新建、无泵站及总管扩容的条件, 在临近尚未开发区域, 将 $P=5$ 标准降雨条件下超过现有系统(泵站及总管)排水能力的地块与尚未开发区域进行整合。

(4) 多系统联合提标

将片区内排水系统整体考虑,通过增设跨系统雨水总管、增设部分雨水泵站,达到整片区雨水系统提标的目的。

(5)达标建设

对于部分尚未开发建设的区域,采取低影响开发措施,控制源头径流系数及初期雨水污染,按照P=5的标准敷设排水管渠、泵站及调蓄设施,结合泵站新建初期雨水调蓄设施。

现状系统以“灰”为主,规划系统“绿”、“灰”结合。

4.2 重点提标实施区域的设定

在现状调研的基础上,针对设定的规划目标,确定重点提标改造地区,以期积水内涝灾害的风险降低至最小。重点提标改造区域的设定步骤见图1。

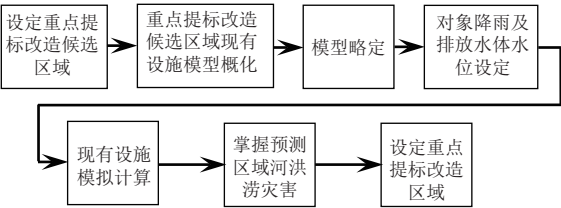


图1 重点提标改造地区的设定步骤

(1)设定重点提标候选地区

在考虑城市内涝灾害的风险之际,基于“保护生命”、“确保城市基本功能”、“保护财产”的观点,设定重点提标改造候选地区,保持重点提标改造候选地区及其整治目标与市区全域的排水建设方针相匹配。

(2)重点提标改造候选地区现有设施模型概化

为对包含重点提标改造候选地区的排水区进行模拟计算,首先应对现有排水系统设施进行模型概化。

(3)模型率定

在已构建的模型中,大多数参数是基于过往降雨流量、水位观测结果,利用总流出量、峰值流量(水位)、时序流量(水位)变动和峰值流量(水位)发生时间、积水范围等进行参数调整,并确认再现性。作为校正确定的参数,不仅与降雨损失量(初期损失量、渗透量)有关,还与流入管渠的入流波形、管渠内的水力行为等有关。

(4)设定对象降雨及排放水体水位

根据地区历史降雨、下垫面等特征参数设定模拟计算的对象降雨及排放水体水位。

(5)现有设施的模拟计算

模拟计算以包含重点提标改造地区的排水区为

基本单位。当对排水区内部分地区进行研讨时,该地区也可作为模拟计算单位;当重点提标改造候选地区跨越排水区或从其他排水区有流入时,可合并进行模拟计算。模拟计算使用的降雨,虽然在排水区内以均匀降雨为原则,但是,当排水区范围较大以及与其他排水区合并处置时,必须考虑降雨的时空分布特性。

(6)掌握预测区域及预测积水内涝

根据积水内涝模拟计算结果,可得到重点提标候选地区的积水范围、深度及时间等数据。按照预测的积水内涝程度,获取重点提标改造地区的设定参数和制定提标改造方案等基本信息。其中一维模拟计算的积水内涝预测结果见图2。

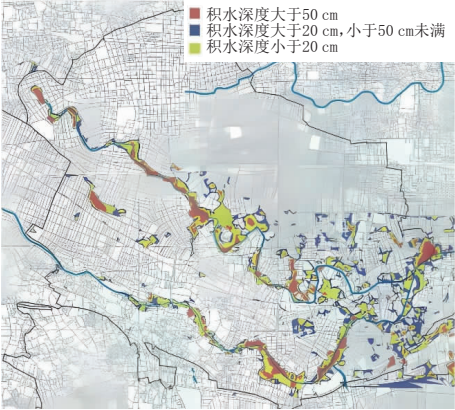


图2 模拟计算的积水内涝预测结果

4.3 规划实施方案

4.3.1 已建排水系统设施的低影响开发

基于排水区周边的地形特征和地铁、排放水体(河、湖等)的分布状况,对排水区内的汇水区域进行适当调整成一个或数个特定子排水区,整个排水区与子排水区之间形成既独立又统一的排水格局。在充分发挥已建雨水排水设施的排水能力的基础上,对该排水区内的已建排水设施进行适当的改造重组形成相对独立的排水系统,排水模式可为“自”排、“泵”排及“泵+自”排结合模式。对于初雨污染的收集,在自排子排水区可在排放口附近增设截留设施截留,利用水泵或自排就近排入污水管网或直接排入污水处理厂;在泵排子排水区可通过已建雨水泵站内部改造设置专用排水泵收集,将其排入污水系统,系统示意图见图3。

(2)放大部分管路上的管道管径

在管路内水力现象中的常态流的情况下,瓶颈处的阻流现象会影响上游一定范围,可能造成一系列区域的积水内涝。针对发生积水内涝的一系列区域,在相应管渠瓶颈处采取放大管径等措施提高管

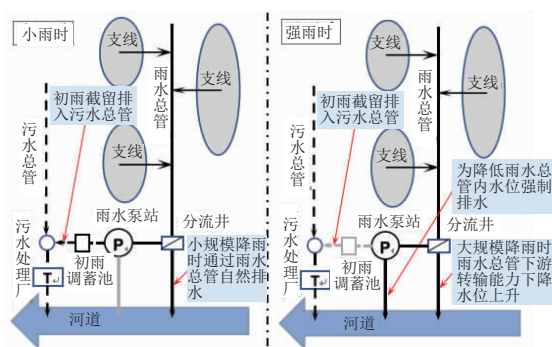


图3 排水区内汇水区域调整重组

渠的雨水输送和调蓄能力,实现一系列区域内的积水消除和减缓内涝的发生(见图4)。

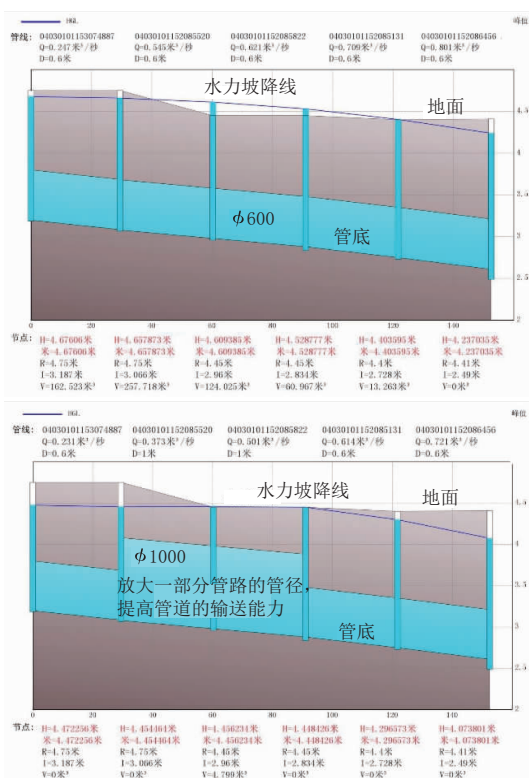


图4 放大管路一部分管径

(3)大规模干线管路间和泵站间的连网

通常发生暴雨的降雨区域范围非常狭窄,对降雨对应的跨越大型干线之间和每个排水区泵站之间的排水区进行网络链接,可在局部暴雨的情况下实现相互容纳雨水来消除或减缓降雨积水,见图5。另外,根据降雨区域范围的大小和降雨区域的移动,可能会发生积水被淹区域的移动,因此,要充分考虑过往降雨造成的历史积水内涝等情况。

(4)改建时现有设施的有效利用

对规划降雨对应设施的管渠进行提标改造时,可有效利用现状管道和小规模调蓄设施以及在现状雨水泵站相邻处新建雨水泵站,通过将现状泵站改作雨水调蓄设施的方法达到消除积水、减缓内涝的

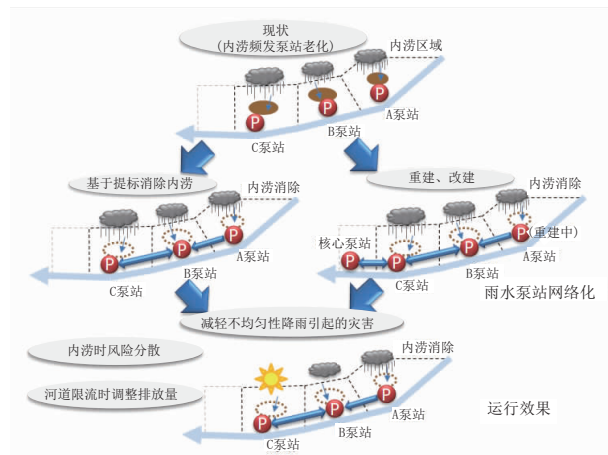


图5 大规模干线管路间和泵站间的连网

目的。而且,在现状雨水调蓄设施中,通过导入排放控制性能优异的如涡流阀等排空装置比常规放空管的效果更好。

(5)利用现状管渠和设置雨水调蓄设施提高系统排水能力

由于对现有雨水排放设施的改造以及当地实际情况的限制,难以进行干线管道建设,在评价现有排水管道等设施能力的基础上,在适当位置修建雨水调蓄设施,协同现有雨水管网整体增强雨水排水系统的排水能力,以达到消除积水、减缓内涝目的(见图6)。

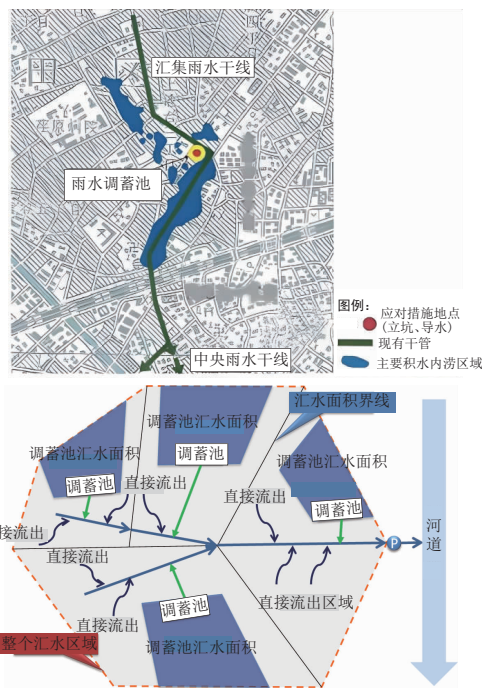


图6 利用现状管道和设置雨水调蓄设施提高系统排水能力

4.3.2 现有排水设施的多用途利用

对已建于合流污水系统改造和削减非点源污染等的设施也具有削峰贮水功能,可利用这些设施贮存处于高峰时的流出雨水,达到消除积水和减缓

内涝的目的。

4.4 规划效果

规划系统工程实施后,其服务范围内的排水防涝能力将会得到很大的提高,历史积水点会被消除,排水系统可达到设计暴雨重现期5 a一遇规模的能力,结合绿色蓄排设施可进一步增加城市排水系统的韧性。通过“绿、灰、蓝、管”多措并举等综合措施,可有效应对100 a一遇的暴雨。排水系统的初雨截流设施及海绵设施的建设,初期雨水经过净化处理后达标排放,可有效缓解地区的初期雨水径流污染。

5 结 语

浦东新区排水防涝规划立足本市排水、水系及水环境实际,针对现状存在问题,结合经济社会发展整体需求,围绕“提高城市应对灾害性天气的排水能力、削减随雨水入河的污染物”的基本目标采取的必要措施。规划坚持“绿、灰、蓝、管”多措并举的规划理念,深度挖潜现有设施,合理解解决好源头控制与大、小排水系统的组合问题;通过构建模型评估城市内涝风险、高效预测区域积水灾害、明确重点提标改造地区,有效提升规划效率并及时反馈规划效果。

规划通过对已建排水系统低影响开发及现有排水设施多用途利用等方式对排水系统进行提标改造,建设初雨截流设施及海绵设施,有效提升城市排水防涝能力,缓解初期雨水径流污染。目前,国内仍处于“绿、灰、蓝、管”多措并举型排水系统建设的探索期,本规划实施的设施将成为城市的重要基础设施,为推动全国“绿、灰、蓝、管”多措并举型排水系统建设提供技术及建设经验,为今后同类规划的编制提供参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 苗伟,冯爽,殷殷.沈阳市排水(雨水)防涝综合规划研究[J].规划师,2014,30(S1):86-91.
- [2] 周玉文.城市排水(雨水)防涝工程的系统架构[J].给水排水,2015,51(12):1-5.
- [3] 郝天文,孔彦鸿.城市排水系统的困局与重构[J].城市规划,2019,43(8):103-107.
- [4] 靳俊伟,吕波,章卫军,等.重庆主城区排水(防涝)综合规划总体技术路线[J].中国给水排水,2015,31(8):24-29.
- [5] 马洪涛,周凌.关于城市排水(雨水)防涝规划编制的思考[J].给水排水,2015,51(8):38-44.
- [6] 林涛.城市排水(雨水)防涝综合规划编制思考[J].中国给水排水,2015,31(14):12-15.

(上接第130页)

墩柱及桩基,导致墩柱及桩基产生冲切破坏。

(2)为快速恢复交通首先通过钢板环箍进行临时加固,通过施加预压应力,使桩基混凝土处于三向受压状态,从而有效提高基桩整体受力性能。

(3)在临时处置方案的基础上,对桥墩采用了扩大截面法进行加固,确保了结构的安全性、耐久性。

参考文献:

- [1] 吴进军.桥梁下部结构病害分析及检测加固措施研究[D].西安:长安大学,2016.
- [2] 朱聪.碰撞冲击荷载下钢筋混凝土结构的动态响应及损伤机理[D].天津:天津大学,2011.

- [3] 李彩华.岩体崩塌落石对桥梁破坏作用的动态演绎研究[D].重庆:重庆交通大学,2014.
- [4] 谭沸良.泥石流区桥梁的防灾减灾设计原则初步研究[D].成都:西南交通大学,2014.
- [5] 余志祥,许浒,吕蕾,等.落石冲击对山区桥梁墩柱破坏的影响[J].四川大学学报(工程科学版),2012,29(2).
- [6] 何思明,庄卫林,张雄,等.都汶公路彻底关大桥桥墩抗滚石冲击防护研究[J].岩石力学与工程学报,2013(S2):3421-3427.
- [7] 文浩,徐贞珍.冲击荷载下的结构内力分析[J].城市建设理论研究,2012(17).
- [8] 刘云付,任振华,贺熏陶.加固钢筋混凝土圆截面柱的新方法[J].湖南交通科技,2020(9).
- [9] 叶超.预应力钢带加固钢筋混凝土柱力学性能及加固尺寸效应研究[D].宁波:宁波大学,2020.