

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2022.05.006

武汉市防洪排涝体系建设方略

李宗礼¹, 张宜清¹, 许明祥², 张翔³, 张利平³, 王咏铃², 邓秋良², 王怀清⁴, 谢珊⁵

(1. 水利部水利水电规划设计总院, 北京 100120; 2. 湖北省水利水电规划勘测设计院, 湖北 武汉 430070;
3. 武汉大学水利水电学院, 湖北 武汉 430072; 4. 武汉市水务局, 湖北 武汉 430010;
5. 武汉市水务科学研究院, 湖北 武汉 430010)

摘要:针对武汉市地势低洼易涝、人口产业高度集聚、洪涝遭遇风险大等突出问题,采用“子流域/排涝分区分析—流域/片区复核—体系综合集成”的技术方法与路线,系统研究了武汉市防洪排涝体系建设的思路、布局和建设标准,提出了加强防洪体系建设、加强排涝体系建设和强化洪涝水管理与调度的主要措施。

关键词:水网地区;防洪体系;排涝体系;洪涝水管理;武汉市

中图分类号:TV212 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2022)05-0039-07

Construction strategy of flood control and drainage system in Wuhan City // LI Zongli¹, ZHANG Yiqing¹, XU Mingxiang², ZHANG Xiang³, ZHANG Liping³, WANG Yongling², DENG Qiuliang², WANG Huaiqing⁴, XIE Shan⁵
(1. China Renewable Energy Engineering Institute, Beijing 100120, China; 2. Hubei Institute of Water Resources Survey and Design, Wuhan 430070, China; 3. School of Water Resources and Hydropower Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 4. Water Resources Bureau of Wuhan, Wuhan 430010, China; 5. Wuhan Institute of Water Science, Wuhan 430010, China)

Abstract: In view of the prominent problems of low-lying and prone to waterlogging, high concentration of population and industry, and increased risk of flood and waterlogging in Wuhan, the technical method and route of “sub basin/drainage zoning analysis-basin/area review-system integration” was adopted. The thought, layout and construction standard of flood control and drainage system construction in Wuhan are systematically studied. The main measures to strengthen the construction of flood control system, drainage system and flood water management and dispatching are put forward.

Key words: river network area; flood control system; drainage system; flood water management; Wuhan City

城市防洪排涝问题一直是防灾减灾领域的研究热点和难点^[1-3]。气候变化导致水循环变化,对降水、入渗、产流等水文过程产生复杂影响,进而增加了水资源管理和洪涝灾害防御难度,特别是极端水文气候事件导致全球范围内重特大洪涝灾害频发多发,严重影响区域经济社会可持续发展^[4-7]。城市人口增加,产业集聚,下垫面改变巨大,城市河湖空间规模化压缩和不透水面积迅速增大,引发城市化地区产汇流时间缩短、地表产流比例变大、洪峰提前、调蓄能力降低等一系列问题,而平原地区的城市洪水外排时间相对较长,一旦遭遇大范围极端降水,发生严重内涝灾害事件的概率大幅增加。

近年来,我国许多流域、区域和城市遭受了重特大洪涝灾害事件,造成了严重的经济财产损失和人员伤亡,暴露出城市面对自然灾害的脆弱性^[8-10]。建设韧性城市,增强城市防洪排涝能力,快速应对、恢复和保持城市功能正常运行,更好地应对未来洪涝灾害风险,已成为城市规划、建设和管理的重要议题^[11]。城市因地理位置和遭受洪涝类型的不同,防洪策略也差异很大,必须因地制宜、因水制宜。水网地区特大城市人口、产业高度集聚,水情复杂,洪涝风险大,防洪保障要求高,特别是在国家发展新阶段更应强化其防洪排涝体系建设方略研究^[12-14]。在加强城市水文模型研发和应用的基础上^[15-19],深入

基金项目:国家重点研发计划(2017YFA0603704);国家自然科学基金重大项目(41890823)

作者简介:李宗礼(1964—),男,正高级工程师,博士,主要从事水利规划和战略研究。E-mail: lizongli@giwp.org.cn

通信作者:王咏铃(1994—),女,助理工程师,硕士,主要从事水生态环境修复研究。E-mail: wangyongling94@gmail.com

认识和探索城市洪涝水演进、致灾规律,以及城市防洪与排涝的协调关系^[20-24],科学制定防洪排涝体系建设方案,科学制定防洪排涝工程和非工程措施,持续提升城市防洪排涝能力与水平,才能保障城市经济社会安全稳定运行^[25]。本文从存在的防洪排涝问题出发,按照“子流域/排涝分区分析—流域/片区复核—体系综合集成”的技术路线,研究武汉市防洪排涝体系建设思路与布局,并提出有关措施建议。

1 研究区概况

武汉市地处长江及其重要支流汉江交汇处,降水丰沛,水系发育,湖泊众多,是长江流域防洪战略要地,也是国家重点防洪城市。由于武汉市建成区大部分的地面高程低于外江洪水位,一旦洪涝遭遇就面临外洪与内涝的双重压力。当前武汉市正处于新老洪涝问题交织的阶段,虽然长江三峡建成以后长江流域防洪形势有了根本性的改观,城市防洪排涝基础设施大规模建设也使其防洪排涝能力有了较大提升,但仍存在汛期高水位运行持续时间长、堤防防汛压力大、部分地区洪涝水蓄滞空间不足与出路不畅等问题^[26],主要表现在以下几个方面:

a. 防洪体系基本建成但仍有薄弱环节。三峡、丹江口水库建成运行后,武汉市防洪压力整体得到有效缓解,防洪安全保障水平基本满足城市发展要求。但目前长江、汉江局部堤防尚不完善,新城区防洪保护区不完备,府澧河、举水等重要支流和中小河流的防洪任务依然艰巨,民堤民垸防洪排涝标准偏低,挤占防洪排涝通道,北部山区山洪灾害威胁仍然较大,成为防洪薄弱环节。

b. 排涝体系初步建成但差距较大。武汉市现有排水设施建设滞后,中心城区现状抽排能力仍未达到规划标准,部分区域排涝能力缺口较大。部分区域排水港渠淤积严重,排水出路、涝水蓄滞空间受到不同程度的挤占,排水的畅通性和及时性受到极大限制。部分建成区排水设施标准偏低、落后老化,改造难度大,城中村配套排水管网建设严重滞后。

c. 水系发育但管理调度偏弱导致湖泊调蓄能力未能充分发挥。武汉市湖泊水位调控能力仍然不足,在内涝防治、水环境质量控制及景观需求的控制水位上存在不一致、不协调等问题,加之湖泊水域空间萎缩,通江能力严重不足,湖泊调蓄能力受到极大限制。

d. 极端天气及下垫面改变增加洪涝风险。随着人口、产业快速集聚,城市建成区产汇流条件发生巨大变化,受极端天气增加和城市下垫面改变影响,

外江洪水与城市内涝遭遇,中心城区在遭遇大暴雨时常出现渍水现象,洪涝水风险叠加,防洪减灾压力加大。例如,2013年、2016年、2020年等暴雨内涝给武汉市造成重大洪涝灾害损失。

2 防洪排涝体系建设总体思路

2.1 总体思路

创新洪涝水治理理念,按照“适度提标,风险管控,两网并重,通道优先”的总体思路,以河湖治理为核心,街区尺度“小海绵体”建设与城市尺度“大海绵体”建设相结合,开创城市建设新模式。着力优化洪涝水蓄滞空间与出路,强化洪水风险管理,推进洪涝水系统治理,提升城市防洪排涝标准,构建标准较高、设施完备、生态良好、智能高效的城市洪涝综合防治体系,为城市生态文明建设提供强有力的防洪排涝保安支撑。具体思路为:①适度提标,确保中心城区和长江新城有效防御1954年型洪水,适度提高新城区防洪标准;②风险管控,在确保蓄滞洪区防洪功能的前提下分级蓄水、适度开发以支撑城市经济社会发展,对防洪标准偏低的民垸强化风险管控,在遭遇特大洪水时主动蓄滞洪水,确保重点保护对象的防洪安全;③两网并重,在加强排水管网建设的同时,充分发挥城市生态水网的蓄滞作用;④通道优先,在确定湖泊三线(蓝线、绿线、灰线)、确保城市湖泊调蓄容积的基础上,加强排涝通道建设,提倡多通道,确保两通道。到2035年,在进一步巩固完善长江、汉江干流防洪体系的基础上,提升重要支流和中小河流防洪标准,城市防洪体系进一步巩固完善。城市建成区内涝防治标准达到50年一遇以上,水系排涝能力达到20年一遇以上,80%建成区达到海绵城市建设目标,洪涝灾害损失大幅降低,洪涝科学调度与社会化管理水平大幅提高。

2.2 体系布局

统筹大江大河、内湖河网、区域排涝的关系,在满足大江大河防洪标准的前提下提升水系内涝防治标准,以充分发挥蓄滞洪区、河湖湿地蓄滞洪涝水能力为基础,以防洪保护圈(区)巩固完善为重点,以河湖水系排洪能力提升为核心,强化洪涝水风险管理,优化防洪排涝综合调度,全面完善武汉市防洪排涝体系。

2.2.1 防洪体系布局

武汉市防洪体系是长江中下游防洪格局中的重要组成部分,按照“蓄泄兼筹,以泄为主”的防洪方针,目前长江武汉段依靠堤防可防御重现期为20~30a的洪水,考虑河段上游及本地区蓄滞洪区的运用,可防御1954年型洪水。因三峡水库的调蓄、城

陵矶附近地区洪水调控能力的增强,提高了长江干流洪水调度的灵活性,配合丹江口水库和武汉市附近地区的蓄滞洪区运用,可避免武汉市防洪水位失控。武汉市防洪体系布局见图 1,图中 a~p 表示防洪保护圈(区),见表 1。

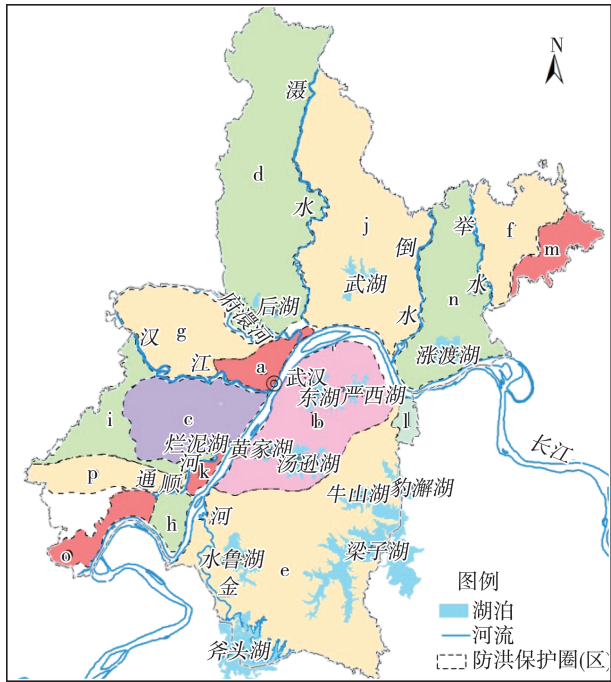


图 1 武汉市防洪体系布局

Fig. 1 Layout of flood control system of Wuhan City

表 1 防洪保护圈(区)及其防洪标准

Table 1 Flood protection zone and its flood control standards

分区	编号	防洪保护圈(区)	规划面积/ km ²	规划防洪 重现期/a
中心城区	a	汉口防洪保护圈	165.5	长江防御 1954 年型洪水
	b	武昌防洪保护圈	820.0	汉江防御 1964 年型洪水
	c	汉阳防洪保护圈	413.5	年型洪水
新城区 城关镇	d	滬西防洪保护区	786.2	50
	e	江夏防洪区	565.6	50
	f	新洲城关防洪保护区	85.9	50
	g	东西湖防洪区	470.0	30
	h	纱帽防洪保护区	102.0	50
	i	蔡甸防洪保护区	299.2	50
	j	武湖防洪区	591.3	30
重要集镇	k	军山防洪保护区	28.8	50
	l	左岭防洪保护区	48.2	50
	m	旧街防洪保护区	59.6	20
其他区域	n	涨渡湖防洪区	524.0	20
	o	汉南防洪区	186.0	20
	p	洪北防洪区	194.0	20

为进一步完善防洪体系布局,在长江三峡等中上游水库联合调度、科学调洪的基础上,结合蓄滞洪区调度运用,完善武汉市防洪保护区并有效提升防洪保安能力。中心城区受长江、汉江分隔,依靠自然

高地和堤防设施,形成汉口、汉阳和武昌 3 个独立的防洪保护圈,总面积 1 399 km²。其中,汉口防洪保护圈将谏家矶防洪保护区并入,由汉江干堤、长江干堤、张公堤及新河堤组成,面积 165.5 km²;汉阳防洪保护圈由汉江干堤、长江干堤、汉阳隔堤及狮子山至西湖泵站沿线自然高地合围组成,面积 413.5 km²;武昌防洪保护圈由长江干堤和魏家大山至武惠堤末端白浒山沿线自然高地合围而成,面积 820.0 km²。新城区防洪保护区依托长江汉江干堤、重要支流堤防、中小河流堤防和自然高地合围而成。防洪保护圈(区)及其防洪标准见表 1。

2.2.2 排涝体系布局

按照全面贯彻源头减量、过程控制、系统治理的原则,构建以源头控制为目标的“小海绵体”建设与以涝水蓄滞空间和出路优化为核心的“大海绵体”建设相结合的内涝防治体系。优化现有涝水出路安排,按照规划标准计算确定不同标准下涝水总量,在全面测定计算源头控制、河湖水网蓄滞以及管网汇流排放之间定量关系的基础上,综合确定各阶段排水控制量。对于涝水蓄滞空间及出路受到限制的区域,因地制宜推进源头控制体系建设,加强湖泊调蓄-景观综合功能水位优化调控措施研究,优化湖泊群水位调控措施,充分发挥湖泊群蓄滞功能。在适度还湖还渠、提高港渠排涝能力的基础上,强化浅层排水系统,谋划并启动百年排水深隧系统。根据武汉市三镇独立、水系各异的特点,按汇流与排涝方式进行布局,以直排区和排蓄结合区为重点,完善排涝体系。武汉市排涝体系布局见图 2,图中 z1~z16 为直排区,其排涝标准见表 2;x1~x19 为排蓄结合区,其排涝标准见表 3。

直排区无调蓄能力,现状排涝方式为管网、港渠收集汇水后,通过泵站提排至外江。在源头控制的基础上,以畅通出路、提升外排能力为主要手段,内涝防治标准提高至 50 年一遇。直排区主要位于中心城区及新城区城关镇沿江、沿河地带,总面积 273.8 km²,包括汉口地区常青、金银潭、黄孝河、谏家矶、沿河、沿江等 6 个系统,武昌地区沿江、港西、青山镇、工业港等 4 个系统,汉阳地区沿河、沿江、河西等 3 个系统,新城区黄陂城关、新洲城关、蔡甸城关等 3 个系统。直排区及其排涝标准见表 2。

排蓄结合区为湖港调蓄和泵站提排相结合,充分发挥区域湖港优势,科学划分涝水渗、滞、蓄、排比例,合理安排涝水出路,排涝标准提高至 20 年一遇以上。排蓄结合区主要位于武昌、汉阳和新城区,总面积 6 433.4 km²,包括东沙湖、汤逊湖、北湖等 19 个水系。排蓄结合区及其排涝标准见表 3。

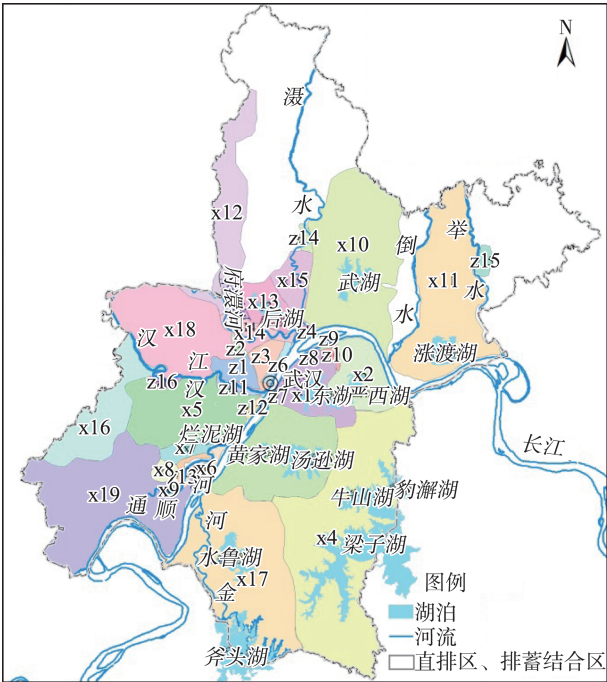


图2 武汉市排涝体系布局

Fig.2 Layout of drainage system of Wuhan City

表2 直排区及其排涝标准

Table 2 Direct drainage zone and its drainage standards			
编号	直排区	规划汇水面积/ km ²	规划排涝重现期/a
z1	常 青	60.4	50
z2	金银潭	13.5	50
z3	黄孝河	51.4	50
z4	谌家矶	16.6	50
z5	汉口沿河	0.6	50
z6	汉口沿江	7.2	50
z7	武昌沿江	2.7	50
z8	港 西	9.5	50
z9	青山镇	2.9	50
z10	工业港	11.5	50
z11	汉阳沿河	9.7	50
z12	汉阳沿江	6.7	50
z13	河 西	15.9	50
z14	黄陂城关	23.1	20
z15	新洲城关	35.4	20
z16	蔡甸城关	6.7	20

3 完善防洪排涝体系的主要措施

3.1 防洪体系建设

武汉市防洪体系已基本建成,为进一步提升防洪能力,完善措施以河流生态化治理为主线,保障河道泄洪通畅、河势稳定,全面提升河道行洪能力,维护河道生态功能,优化蓄滞洪区建设,完善远郊山区洪涝灾害监测预警系统,加快病险水库除险加固,系统构建并完善绿色生态的防洪保护圈(区),满足防洪保安需求。

表3 排蓄结合区及其排涝标准

Table 3 Discharge-storage zone and its drainage standards

编号	排蓄结合区	规划汇水面积/km ²	规划排涝重现期/a
x1	东沙湖	174.0	50
x2	北 湖	187.8	50
x3	汤逊湖	454.4	50
x4	梁子湖	890.0	20
x5	蔡甸东湖	348.5	50
x6	川江池	21.8	50
x7	烂泥湖、硃山湖	51.3	50
x8	官莲湖	19.0	50
x9	泛 区	13.0	20
x10	武 湖	591.3	20
x11	涨渡湖	524.0	20
x12	童家湖	461.1	20
x13	后 湖	157.0	50
x14	盘龙湖	39.0	50
x15	什仔湖	126.0	50
x16	西 湖	299.2	20
x17	金水河(鲁湖)	639.0	20
x18	东西湖	470.0	20
x19	通顺河泛区	967.0	20

a. 长江、汉江干流治理。武汉市长江、汉江防洪工程体系已基本形成,但三峡、南水北调中线一期工程建成运行后,清水下泄导致河床冲刷加剧,堤防时有险情发生,加之蓄滞洪区建设相对滞后,一旦发生较大洪水,将增大防洪压力。在现状基础上继续开展堤防江滩防洪与环境综合整治,实施河道整治、崩岸治理及险工险段治理,建成贯通武汉三镇河段的高标准、生态型江堤,在特殊地段应用拼装式防洪墙等新型防御措施,进一步巩固完善长江、汉江防洪保护圈(区),塑造城市滨水特色、历史文脉和现代文明交融的风景区,提升两江四岸百里生态画廊建设水平。

b. 重要支流和中小河流治理。武汉市重要支流及中小河流众多,防洪压力一直较大。目前重要支流和中小河流还存在防洪保护区尚有缺口、部分堤防标准偏低、配套不完善等问题。按照生态防洪理念,在满足防洪安全的前提下,采取生态治理技术,开展河流生态治理,构建生态堤防,同时协调好上下游、干支流、左右岸防洪关系。

c. 蓄滞洪区建设。武汉市防洪涉及杜家台、武湖、涨渡湖、白潭湖、西凉湖、东西湖等6个蓄滞洪区,有效容积122.1亿m³,承担分蓄长江68亿m³超额洪水的任务。随着长江上游干支流控制性枢纽的建设与联合调度,武汉市防洪压力大幅减轻。同时,通过精细化管理与运用调度,模拟联合应用对重点河段控制断面防洪水位的影响,可增强蓄滞洪区运用灵活性、可调度性及实用性。按照“以质量换数

量、以容积换面积”的思路,对蓄滞洪区的保护与开发进行科学论证,提出蓄滞洪区运用条件、时机、方式、功能分区和优化调度建议,既保证其分洪能力不降低,又可在提高安全区保证程度的基础上,适度布局城市基础设施,促进城市经济社会发展。主要对东西湖蓄滞洪区深入研究论证调减其范围、扩大安全区或取消的可行性。

d. 山洪灾害防治。武汉市山洪灾害主要发生于黄陂、新洲的北部山区,涉及2个区、3个水系(滠水、府澧河、举水)、17个乡镇。基于山洪的突发性、破坏性、毁灭性、普遍性特点,以山洪灾害预警预报系统建设为重点,建立监测预警通信系统,包括新建或改造遥测雨量站,各街镇配置预警信息访问终端设备和网络,安装简易报警器、无线预警广播,完善各流域水文测站等措施。

e. 病险水库除险加固。武汉市现有水库近300座,经过近年来的除险加固,目前仍有部分水库存在病险安全隐患。为满足各水库的防洪标准与灌溉功能要求,开展病险水库鉴定、除险加固、降等报废和运行管理达标建设。对部分规模减小、功能丧失或萎缩的小型水库采取降低等级或报废措施。

3.2 排涝体系建设

排涝体系的建设需统筹大江大河、内湖河网、区域排水的关系,充分发挥湖泊密布优势,加强河流、湖泊、水库、湿地等雨洪受纳区域的保护;结合各排水体系的具体问题,加快骨干外排泵站和主要通道的建设,提升区域基础排水能力;加强低影响开发控制和海绵设施建设,通过源头管控措施,缓解城市内涝。根据排涝体系建设要求,综合制定源头减量、过程控制、系统治理的排涝方案与措施。

a. 骨干排水系统建设。以优化水系管网结构、加强骨干渠系和排水通道、提升外排能力为重点,实施排涝攻坚行动。统筹协调综合管廊建设,结合区域地下空间布局规划,进一步增加城市地下空间的综合功能,完善排水系统,主要实施南湖、汤逊湖地区和汉阳地区排涝泵站建设,同时配套完善骨干排涝港渠。

b. 源头控制体系建设。结合青山旧城示范区、汉阳四新新城示范区的海绵城市试点经验,按照海绵城市示范区、内涝防治重点区、溢流污染控制区、分流改造集中区以及源头径流控制重点区和其他区六大分区,开展海绵城市的建设。中心城区源头径流控制重点区重点打造旧城更新典范;武昌有效进行污染控制,解决入湖调蓄受环境影响制约的问题;汉阳强化旧城的改造以及对外排入江入河的污染控制,确保水源地安全;新城区源头控制均按照海绵城

市统一要求实施。

c. 河湖水网调蓄能力提升。在河网发达、湖港水体比例较大、涝水蓄滞空间及出路受到限制的区域,制定河湖水网调蓄方案,充分发挥湖泊群蓄滞功能,适度还湖还渠,提高湖渠调蓄能力。中心城区汤逊湖、东沙湖、北湖、后官湖等水系结合河湖污染控制和水环境整治,加强湖港连通性,通过涵闸抢排、泵站提排、多出路排水等方式腾空湖泊调蓄空间。汤逊湖、梁子湖等水系适度退田还湖,退让调蓄空间。新城区武湖、后湖、西湖、盘龙湖等水系强化湖泊水面形态控制,在确保湖泊“蓝线”面积不减少的前提下进一步研究湖泊调蓄水位,尽可能增大调蓄能力,为保障新城区发展留足空间。

d. 常规管渠系统能力提升。在全力推进已有洪涝灾害补短板项目的基础上,完善浅层排水管网。在直排区扩港扩渠,增加外排泵站规模;在排蓄结合区适度还湖还渠,调整湖泊控制水位,在增加湖泊调蓄能力的基础上适度提高外排泵站能力。

e. 超标排放系统建设。对于超过城市管渠系统排涝能力但低于城市内涝防治标准的涝水,通过发挥湖泊群蓄滞功能、实施应急排涝调度、新增蓄滞空间等综合措施进行防治。对于武昌、汉阳和新城区等优势明显的区域,研究湖泊超标调蓄调度方案,在有条件的地区,例如汤逊湖-梁子湖区域,实施跨流域应急排涝工程。对于汉口地区、武昌罗家路直排区、汉阳直排区等调蓄水体面积少、建成区比例大、排涝能力缺口大、难以通过小型防涝设施解决的区域,实施深层排水隧道建设。对于立交桥下洼地及难以通过系统手段解决局部内涝风险的区域,结合城市公园、下凹式绿地和广场或新建分散调蓄设施,新增雨水蓄滞空间,提高局部内涝防治标准。

3.3 洪涝风险管理与调度

树立适度承担风险和规避洪涝风险的防洪排涝观念,以洪水风险图编制与应用为抓手,以洪涝调度管理为重点,推进洪涝风险管理,实现从洪水控制到对洪水进行风险管理的转变。

a. 洪水风险图应用。继续推进武汉市洪水风险图编制工作,完善洪水风险图管理系统,做好洪水风险图动态更新与维护等工作。结合防洪应急预案、蓄滞洪区运用方案等已有工作基础,开展新型城镇化发展形势下洪涝水风险评估与动态监控,识别洪涝灾害高风险区。研究将洪水风险图成果纳入防汛指挥调度系统,支撑防汛会商决策及应急抢险。依托洪水风险图系统,协调城市建设和产业发展布局与防洪排涝的关系,规范和调控经济社会活动。

b. 洪水风险管理。牢固树立灾害风险管理和

综合减灾理念,健全武汉市洪涝风险管理制度,结合汛前准备、预报预警响应、应急抢险救援等过程,做好洪水风险源识别、洪水风险评估、洪水风险决策和洪水风险应对等工作。控制蓄滞洪区人口增长,完善蓄滞洪区扶持和补偿、救助制度。加强城市建设、居民点、商业区和工矿企业等选址洪涝影响评价与审批。完善不同洪水风险区域居民避洪安置方案,积极探索并建立武汉市洪涝保险制度。对于低洼地带、立交下穿、湖泊周边等区域,合理控制易涝区产业发展与布局,加强区域监测监控。

c. 防洪排涝调度与管理。依托信息化建设,与智慧水务相结合,制定防洪排涝水系调度方案,明晰各部门职责。强化洪涝预报预警系统建设,加强基于水雨情实时监测信息的决策、调度体系建设,实施洪涝统一调度,实现实时自动化调度。加强水雨情、道路积水点、城市水淹区的监测、预警预报体系建设,加大对重点河段、重点地区的监测、巡查,完善洪涝预报调度系统,提高防洪排涝调度水平。

4 结 语

水网地区特大城市人口产业高度集聚、水情复杂、洪涝风险大、防洪保障要求高,特别是在国家新发展阶段更应强化其防洪排涝体系建设方略研究,持续提升城市防洪排涝能力与水平,保障城市经济社会安全稳定运行,应将其列为城市规划、建设和管理的基础性重要议题,并突出基础研究和规划研究,以有效提升规划的科学性和前瞻性。武汉市是国家中心城市,战略地位重要,但地势低洼,洪涝遭遇概率大,还存在防洪排涝体系不完善、内涝严重、最不利组合下洪涝风险偏高等诸多薄弱环节,需要在长江流域防洪规划和应急调度方案的框架内,结合复杂水网地区特大城市防洪排涝的地理格局与突出问题,按照“子流域/排涝分区分析—流域/片区复核—体系综合集成”的思路,深化城市防洪排涝体系建设方略研究,加快完善城市防洪排涝体系,强化洪涝水风险管理与调度,不断提升城市洪涝防治水平,支撑和保障国家中心城市的高质量发展。

参考文献:

[1] 夏军,石卫,张利平,等. 气候变化对防洪安全影响研究面临的机遇与挑战[J]. 工程科学与技术,2016,48(2):7-13. (XIA Jun, SHI Wei, ZHANG Liping, et al. Opportunity and challenge of the climate change impact on flood protection [J]. Advanced Engineering Sciences, 2016, 48(2): 7-13. (in Chinese))

[2] 宋源,周杨军,毛斌. 2017 年长沙特大洪涝灾害分析

[J]. 防灾科技学院学报,2018,20(2):71-77. (SONG Yuan, ZHOU Yangjun, MAO Bin. Analysis on Changsha City's flood disaster in 2017 [J]. Journal of Institute of Disaster Prevention, 2018, 20(2): 71-77. (in Chinese))

[3] KUNDZEWICZ Z W, SU B, WANG Y, et al. Flood risk and its reduction in China [J]. Advances in Water Resources, 2019, 130(8): 37-45.

[4] 沈永平,王国亚. IPCC 第一工作组第五次评估报告对全球气候变化认知的最新科学要点[J]. 冰川冻土, 2013, 35(5): 1068-1076. (SHEN Yongping, WANG Guoya. Key findings and assessment results of IPCC WGI Fifth Assessment Report [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2013, 35(5):1068-1076. (in Chinese))

[5] JEONGBAE Kim, DEGHYO Bae. The impacts of global warming on climate zone changes over Asia based on CMIP6 projections[J]. Earth and Space Science, 2021, 8(8): 1-17.

[6] 王军,谭金凯. 气候变化背景下中国沿海地区灾害风险研究与应对思考[J]. 地理科学进展,2021,40(5):870-882. (WANG Jun, TAN Jinkai. Understanding the climate change and disaster risks in coastal areas of China to develop coping strategies [J]. Progress in Geography, 2021, 40(5): 870-882. (in Chinese))

[7] ZHANG Y, PANG X, XIA J, et al. Regional patterns of extreme precipitation and urban signatures in metropolitan areas [J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2019, 124(2):641-663.

[8] 尚全民,褚明华,骆进军,等. 2020 年长江流域性大洪水防御[J]. 人民长江,2020,51(12):15-20. (SHANG Quanmin, CHU Minghua, LUO Jinjun, et al. Prevention of basin severe flood of Yangtze River in 2020 [J]. Yangtze River, 2020, 51(12): 15-20. (in Chinese))

[9] 夏军,陈进,王胜钢,等. 从 2020 年长江上游洪水看流域防洪对策[J]. 地球科学进展,2021,36(1):1-8. (XIA Jun, CHEN Jin, WANG Gangsheng, et al. Flood control strategies for the river basin enlightened by the 2020 upper Yangtze River floods[J]. Advances in Earth Science, 2021, 36(1): 1-8. (in Chinese))

[10] 张宏雅,魏永强,范仲杰. 汛情下的城市防洪排涝方案分析:以武汉和重庆为例[J]. 长江技术经济,2021,5(1):9-13. (ZHANG Hongya, WEI Yongqiang, FAN Zhongjie. A discussion on flood control and drainage under flood situation: case studies on Wuhan and Chongqing [J]. Technology and Economy of Changjiang, 2021, 5(1):9-13. (in Chinese))

[11] 邵亦文,徐江. 城市韧性:基于国际文献综述的概念解析[J]. 国际城市规划,2015,30(2):48-54. (SHAO Yiwen, XU Jiang. Understanding urban resilience: a

- conceptual analysis based on integrated international literature review [J]. Urban Planning International, 2015, 30(2): 48-54. (in Chinese))
- [12] 左其亭,王鑫,韩淑颖,等.论城市防洪排涝与生态海绵城市建设应和谐并举[J].中国防汛抗旱,2017,27(5):80-85.(ZUO Qiting,WANG Xin,HAN Shuying, et al. Integration green sponge city concept into urban flood management and drainage system[J]. China Flood & Drought Management, 2017, 27(5): 80-85. (in Chinese))
- [13] 廖朝轩,高爱国,黄恩浩.国外雨水管理对我国海绵城市建设的启示[J].水资源保护,2016,32(1):42-45.(LIAW Chaohsien, GAO Aiguo, HUANG Enhao. Enlightenment of rainwater management in foreign countries to sponge city construction in China[J]. Water Resources Protection, 2016, 32(1): 42-45. (in Chinese))
- [14] YANG W, ZHANG L, ZHANG Y, et al. Developing a comprehensive evaluation method for interconnected river system network assessment: a case study in Tangxun Lake group [J]. Journal of Geographical Sciences, 2019, 29(3):389-405.
- [15] 宋晓猛,张建云,王国庆,等.变化环境下城市水文学的发展与挑战:Ⅱ.城市雨洪模拟与管理[J].水科学进展,2014,25(5):752-764.(SONG Xiaomeng, ZHANG Jianyun, WANG Guoqing, et al. Development and challenges of urban hydrology in a changing environment: Ⅱ. urban stormwater modeling and management [J]. Advances in Water Science, 2014, 25(5): 752-764. (in Chinese))
- [16] 栾震宇,金秋,赵思远,等.基于 MIKE FLOOD 耦合模型的城市内涝模拟[J].水资源保护,2021,37(2):81-88.(LUAN Zhenyu, JIN Qiu, ZHAO Siyuan, et al. Simulation of urban waterlogging based on MIKE FLOOD coupling model[J]. Water Resources Protection, 2021, 37(2):81-88. (in Chinese))
- [17] 徐天奕,刘克强,李琛,等.太湖流域大尺度洪涝淹没仿真模型的建立及应用[J].水利水电科技进展,2021,41(4):40-45.(XU Tianyi, LIU Keqiang, LI Chen, et al. Establishment and application of large-scale flood inundation simulation model for Taihu Basin [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2021, 41(4): 40-45. (in Chinese))
- [18] 陆海明,邹鹰,孙金华,等.基于 SWMM 的铁心桥实验基地内涝防治效果模拟[J].水资源保护,2020,36(1):58-65.(LU Haiming,ZOU Ying,SUN Jinhua, et al. Simulation of waterlogging control effect in Tiexinqiao experimental base based on SWMM [J]. Water Resources Protection, 2020, 36(1): 58-65. (in Chinese))
- [19] 向小华,陈颖悟,吴晓玲,等.城市二维内涝模型的 GPU 并行方法[J].河海大学学报(自然科学版),2020,48(6):528-533.(XIANG Xiaohua, CHEN Yingwu, WU Xiaoling, et al. GPU parallelized algorithm of urban two-dimensional inundation model [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2020, 48(6): 528-533. (in Chinese))
- [20] 刘永志,唐雯雯,张文婷,等.基于灾害链的洪涝灾害风险分析综述[J].水资源保护,2021,37(1):20-27.(LIU Yongzhi,TANG Wenwen,ZHANG Wenting, et al. Review of flood disaster risk analysis based on disaster chain[J]. Water Resources Protection, 2021, 37(1): 20-27. (in Chinese))
- [21] 徐宗学,任梅芳,陈浩.我国沿海城市洪潮组合风险分析[J].水资源保护,2021,37(2):10-14.(XU Zongxue, REN Meifang, CHEN Hao. Analysis on urban flooding risk caused by flood tide combination in coastal cities [J]. Water Resources Protection, 2021, 37(2): 10-14. (in Chinese))
- [22] 梁昌梅,张翔,李宗礼,等.武汉市城市化进程中河湖水系的时空演变特征[J].华北水利水电大学学报(自然科学版),2019,40(6):65-72.(LIANG Changmei, ZHANG Xiang, LI Zongli, et al. Temporal and spatial evolution characteristics of river and lake systems in the urbanization process of Wuhan City[J]. Journal of North China University of Water Resources and Electric Power (Natural Science), 2019, 40(6): 65-72. (in Chinese))
- [23] 黄国如,赵晓莺,麦叶鹏.低影响开发措施对雨水径流的控制效应[J].水资源保护,2021,37(4):29-36.(HUANG Guoru, ZHAO Xiaoying, MAI Yepeng. Control effect of low impact development measures on rainwater runoff [J]. Water Resources Protection, 2021, 37(4): 29-36. (in Chinese))
- [24] 李宗礼,陈伟,李瑞清,等.复杂水网地区特大城市现代水治理关键技术研究与实践[R].北京:水利部水利水电规划设计总院,2015.
- [25] 水利部水利水电规划设计总院.武汉市水生态文明建设规划研究[R].北京:水利部水利水电规划设计总院,2015.
- [26] 王佳妮,罗倩.长江中游武汉河段 2020 年特大暴雨洪水特性分析[J].水利水电快报,2021,42(5):1-5.(WANG Jiani, LUO Qian. Analysis of rainstorm flood occurred in Wuhan section of middle Yangtze River Basin in 2020 [J]. Express Water Resources & Hydropower Information, 2021, 42(5): 1-5. (in Chinese))

(收稿日期:2021-09-24 编辑:王芳)