

【防洪治河】

完善北京市防洪排涝体系关键问题研究

孙晓英, 王俊英, 胡 嘉, 刘光东

(北京市水利规划设计研究院, 北京 100044)

摘 要:通过分析北京市历史及近期降雨、洪涝灾害特点, 针对现状防洪排涝体系存在的薄弱环节, 提出了完善北京市防洪排涝体系的三个关键问题: 确定建设的总体思路、调整完善主要流域防洪排涝格局、明确防护对象及防洪排涝工程标准体系。结合“海绵城市”建设理念, 确定北京市防洪排涝总体思路为“流域控制、分区防守、洪涝兼治、化害为利”; 按照京津冀协同发展要求, 根据流域发展情况, 调整永定河、北运河两大重要流域的防洪排涝系统格局; 针对中心城、副中心等重要保护区域, 对主要干流河道防洪标准体系进一步调整、细化和完善。

关键词: 防洪排涝体系; 洪涝灾害; 防洪排涝格局; 标准体系; 北京市

中图分类号: TV87 **文献标志码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1000-1379.2017.02.009

Study on Key Factors in Completing Flood Control and Drainage System of Beijing

SUN Xiaoying, WANG Junying, HU Jia, LIU Guangdong

(Beijing Institute of Water, Beijing 100044, China)

Abstract: This study brought out three key factors, based on analyzing historical rain and flood, and current vulnerable point of the flood control and drainage system, which were explicitly general idea of system construction, adjustments of flood control pattern in major watershed, protection target and standard of engineering system. According to sponge city concept, the study clarified the general idea of flood control and drainage system as watershed based management, defense according to different administrative regions, governing both flood and water logging disaster, and turning harm into benefit. Based on the requirements of co-development of Beijing, Tianjin, and Hebei Province and according to the different watershed situations, the flood control and drainage patten in Yongding River watershed and Beiyun River watershed should be adjusted. The regulation standard of related rivers should be promoted according to higher requirements from central downtown region and subsidiary administrative center of Beijing.

Key words: flood control and drainage system; flood disaster; flood control pattern; standard system; Beijing City

1 城市基本情况及历史洪涝灾害

1.1 城市概况

北京市地处华北平原北端, 西部为太行山脉, 北部和东北部为燕山山脉, 地势西北高、东南低, 最高处位于西北部门头沟的东灵山, 海拔 2 303 m; 最低处为通州区东南边界, 海拔 10 m。全市总面积 16 410 km², 其中平原面积仅占 39%。中心城位于平原区中部, 面积 1 085 km²。

北京市的地形地势特点导致山前迎风坡一带易发生暴雨洪水。中心城区地处山前迎风区, 亦是暴雨多发区。

北京市共辖 16 个行政区, 其中, 中心城区包含东城、西城、朝阳、丰台、海淀、石景山 6 个区, 郊区包含通州、顺义、怀柔、密云、平谷、大兴、房山、昌平、延庆、门头沟 10 个区。目前, 北京城市副中心正在通州建设, 至 2020 年, 市域范围内将形成 1 个中心城、1 个副中

心、9 个新城、177 个建制乡镇的城镇结构。

2014 年全市常住人口 2 151.6 万人, 其中城镇人口 1 859 万人, 农村人口 292.6 万人; 地区生产总值 21 330.8 亿元, 人均地区生产总值 9.99 万元。

1.2 河流水系

北京市属海河流域, 境内五大水系分别为海河流域的大清河、永定河、北运河、潮白河、蓟运河水系。除北运河发源于境内, 其他四大水系均由境外流入。境内流域面积最大的水系为潮白河水系, 其次为北运河、永定河水系, 面积最小的是蓟运河水系。山区面积占比最大的潮白河流域达到 82.6%, 最小的是北运河流域, 仅 21.4%, 永定河、大清河流域山区面积占比分别为 77.6%、65.9%^[5]。

收稿日期: 2016-09-10

作者简介: 孙晓英(1972—), 女, 陕西宝鸡人, 高级工程师, 主要从事水利工程规划研究工作。

E-mail: 1390938154@qq.com

1.3 历史洪涝灾害

北京多年平均年降水量 585 mm,时空分布不均,夏季易形成暴雨。山前区地面坡陡,难以拦蓄,加重了平原区防洪压力和洪涝灾情;东南平原区地势平坦,排泄不畅,如遇暴雨,极易形成洪涝灾害。

北京洪涝灾害主要有山洪灾害、平原大河洪灾及城市内涝灾害。历史上,大河洪灾以永定河、潮白河为重,涝灾则以北运河流域为重。据资料统计,永定河有记录洪水在 1412—1939 年共发生 34 次,平均 15 a 一次,其中 100 a 一遇以上的洪水 7 次;潮白河有记录洪水在 1425—1939 年共发生 49 次,平均 10 a 一次;北运河有记录洪水在 1470—1939 年共发生 23 次,平均 20 a 一次。北京城区洪涝灾害主要由永定河、西山洪水及当地暴雨引发,以永定河危害最大,历史上永定河发生过 18 次对城区影响较大的洪灾^[1]。

近些年,极端天气频繁发生,降雨具有突发性强、强度高、局地性强等特性,造成城市道路、低洼地区积水,严重影响城市正常运行。21 世纪初,每年的 6—8 月都会有突发暴雨,造成市内重要路段积水、交通瘫痪。2012 年的“7·21”暴雨,使北京市遭遇 1963 年以来最大的洪涝灾害,全市 16 h 平均降雨量 170 mm,暴雨中心位于房山区河北镇,降雨量高达 541 mm。暴雨给城市运行和人民群众生命财产安全造成严重损失,尤以房山最重。全市因灾死亡 79 人,受灾人口 128 万人,中心城区 63 处路段积水。洪灾造成直接经济损失 162 亿元^[2]。

从历史洪涝灾害情况可见,北京市受永定河洪水威胁最大,而中心城所在的北运河流域是近年城市内涝频发的重要区域。

2 现状及关键问题

2.1 防洪排涝工程体系现状

北京市防洪排涝体系包括工程体系和非工程体系,本文重点分析工程体系。现状工程体系包含永定河、北运河、潮白河、大清河、蓟运河五大流域的 88 座水库、5 条骨干河道及 400 多条中小河道、12 处蓄滞洪区及 2 处分洪枢纽等防洪排涝工程。

全市 88 座水库总库容 93.77 亿 m³,具有调蓄洪水功能的 21 座大中型水库控制了境内山区面积的 68%,使山区大部分洪水得到控制,雨洪资源得到有效利用。但是山区洪水控制存在不均衡现象,其中潮白河流域有密云、怀柔两大水库,流域洪水控制率高达 95%,而大清河流域无大中型水库,控制率仅为 21%^[5]。

全市流域面积大于 10 km²的河流 425 条,河道总

长 6 414 km^[3],5 级以上堤防总长 1 408 km,其中 1 级堤防长 122 km,2 级堤防长 394 km^[4]。根据《海河流域防洪规划》对堤防超高的要求,永定河、北运河、潮白河干流河道现状堤防达标率分别为 62.7%、35.3%、90.0%^[5]。

作为防洪排涝体系重要组成部分的蓄滞洪区有 12 处,总面积 2.4 万 hm²,总容积 1.9 亿 m³(不含永定河泛区)。现已建成并可安全启用的蓄滞洪区有 8 处,还有 4 处蓄滞洪区目前尚缺少配套工程,不能启用^[5]。

另外,为了保障中心城及下游区域防洪排涝安全,永定河、北运河利用卢沟桥和北关闸两处分洪枢纽分别向临近的大清河、潮白河流域分泄洪水。

2.2 防洪排涝体系存在的关键问题分析

目前,北京市初步建成的“上蓄、中疏、下排,有效蓄滞利用雨洪”的防洪排涝工程体系尚不完善,五大流域都存在薄弱环节。面对新的气候演变趋势及社会经济发展形势,完善其防洪排涝体系首先要考虑解决以下关键问题。

(1) 结合“海绵城市”建设,调整防洪排涝体系建设整体思路。“海绵城市”建设提出了“渗、滞、蓄、净、用、排”的理念,完善全市防洪排涝体系应围绕保护北京市中心城、副中心、新城、重点村镇的安全,确定完善防洪排涝体系的总体思路,按照流域末端控泄要求,把流域洪涝水控泄要求分解至大流域、小区域,并进一步落实到每个排水单元。

(2) 结合京津冀协同发展战略,进一步完善、协调五大流域防洪格局。全市五大流域洪水控制和保障能力不协调,上、下游也不满足协同发展的要求,尽管潮白河流域山区洪水控制率很高,但是永定河、北运河、大清河上游仍有 2 000 多 km²山区洪水未得到控制,规划水库尚未实施,威胁下游城镇安全。

目前,洪涝压力大、防洪排涝能力差的北运河流域又面临北京城市副中心建设的压力,亟须全流域协调考虑滞蓄洪涝水问题,甚至要通过跨流域工程分担其排洪压力。

(3) 明确主要防洪排涝工程标准,划定河道行洪控制线。作为防洪体系最重要的“中疏”和“下排”系统,涉及到流域内的大小河流,对中心城、副中心防洪排涝起重要作用的永定河、北运河、潮白河干流河道堤防仍未全线达标,永定河平原段左、右堤有 40 余 km 堤防不达标,北运河堤防达标率仅为 35%,潮白河约有 10 km 省(市)界河存在堤距缩窄、河道槽蓄能力降低等问题。同时,因永定河、北运河等骨干河道上下

游、左右岸保护对象的重要性发生了变化,其防洪标准需要进一步核定。永定河、潮白河部分山区段河道防洪标准及行洪区域不明确,存在被过度旅游开发侵占现象。

五大流域中仍存在中小河道未经治理,标准偏低、断面窄小,防洪排涝能力不足,治理过的部分中小河道仍因拆迁占地等未完全达标,跨河桥梁、暗涵或局部卡口降低河道行洪能力等问题。

全市原规划的防洪排涝体系的重要部分——26处蓄滞洪区,目前仅有12处实施,存在未按规划实施、规划用地被挤占、配套工程建设不完善等问题,影响防洪体系整体效益发挥。

3 防洪排涝体系关键问题研究

针对北京市防洪排涝工程体系存在的问题,根据城市规划布局及京津冀协同发展的迫切需求,对完善防洪排涝体系的总体思路、调整防洪排涝工程格局及标准体系建设等关键问题进行研究。

3.1 总体思路

北京市位于海河北系中游,五大水系除北运河发源于境内,其他水系均发源于境外,从境内流过后入河北,经天津入海。为了保障北京市重点区域防洪安全,同时保障下游地区防洪安全,按照各水系出境流量要求控制下泄流量。

结合“海绵城市”建设中“渗、滞、蓄、净、用、排”的理念,围绕保护北京市中心城、副中心、新城、重点村镇的安全,确定防洪排涝系统规划总体思路为“流域控制、分区防守、洪涝兼治、化害为利”。

“流域控制”主要从三方面来体现:一是源头控制,以小流域为单元,通过水土保持、雨水利用等措施,实现雨水源头消减;二是过程控制,以五大水系干流为主线,各流域通过水库、蓄滞洪区及河道槽蓄等滞蓄、控泄措施,消减洪峰,实现流域洪涝水控制;三是末端控制,以干支流河道末端为节点,控制支流汇入干流的流量和干流出境流量,实现末端调控。“流域控制”的理念不仅体现在五大流域,而且落实到小流域,直至城区的每个雨水分区。“流域控制”理念的概化示意图见图1。

除了控制五大流域各自的干支流,重要流域之间还要通过分洪枢纽、减河互相调控。如永定河利用卢沟桥分洪枢纽分泄洪水入大清河流域,北运河利用北关分洪枢纽向潮白河分泄洪水。两大流域分洪频率和流量必须保证受水流域的防洪安全。



图1 “流域控制”理念概化示意

“分区防守”就是根据河流水系形成的自然分区和城市空间布局,按照中心城、副中心、新城等不同的防护对象和防洪工程措施,分层次、分级别形成不同的防洪屏障,实现“分区防守”。如中心城靠永定河左堤来保障其200 a一遇防洪标准,北京城市副中心依靠温榆河、北运河、潮白河堤防等综合设施来保障其100 a一遇防洪标准,顺义新城依靠潮白河右堤防护。

“洪涝兼治”就是考虑洪涝水的产流过程、致灾程度不同,根据地形、河流特点对河道、蓄滞洪区进行分类:河道分为防洪、排涝河道,蓄滞洪区分为滞洪区和蓄滞区,并采取不同治理原则和措施进行治理。

涝水治理首先进行治涝区划,综合考虑河流水系、地形特点等因素,全市平原区在五大水系划分12个涝区,其中:北运河流域7个,潮白河流域2个,其余3个流域各1个,见图2。在涝区划分的基础上,再根据地形、河流、道路、行政边界及排水条件等因素,将地势平缓、低洼易涝区进一步划分出涝片。依据“高水高排、低水低排、自排为主、泵排为辅、蓄水利用”的原则,分涝片治理涝区。

“化害为利”就是通过修建水库、蓄滞洪区及雨洪利用等工程措施,对洪水进行科学调度和管理,实现洪水资源化。对于城市建设区,按“海绵城市”建设要求,采用源头消减、中途转输、末端调蓄等多种手段,提高城市对雨水的渗透、调蓄、净化、利用和排放的能力,达到城市水资源的良性循环。



图2 北京市平原涝区划区及涝水排除示意

3.2 主要流域防洪排涝格局安排与调整

在“上蓄、中疏、下排、有效蓄滞利用雨洪”的防洪方针指导下,北京市每个流域按照总体思路及海绵城市自然积存、自然渗透、自然净化的建设理念,上游修建水库、中下游适宜处设置蓄滞洪(涝)区,控制各流域支流汇入干流的洪水,干流通过分洪、滞洪、槽蓄等手段控制出境流量,达到控泄要求。

永定河、北运河流域对北京市中心城、副中心防洪排涝至关重要,笔者重点对两大流域防洪排涝格局进行研究。

3.2.1 永定河流域防洪排涝格局

(1)现状格局。永定河系防洪标准为100 a一遇。永定河重点保护中心城区及门头沟、房山、大兴等新城的防洪安全。中心城防洪标准为200 a一遇,门头沟、房山及大兴新城防洪标准为50~100 a一遇。

流域内以防洪为主的大中型水库有官厅、斋堂、大宁、滞洪水库4座。流域现状山区洪水控制率为66%。中游依靠堤防及位于大清河流域的小清河分洪区保障中心城200 a一遇防洪标准。

(2)调整后格局。考虑永定河上游山峡段1600 km²山区洪水尚无控制性工程,给下游城市带来严重威胁,也对承担分洪的大清河流域带来沉重负担,为了保障中心城防洪安全,在三家店以上官厅山峡新建一座中型水库——陈家庄水库,以提高流域山区洪水的控制率。

中游通过永定河平原段左堤达到200 a一遇防洪标准保障中心城安全;通过卢沟桥分洪枢纽分泄永定河超2500 m³/s洪水入位于大清河流域的小清河分洪区,以减轻永定河流域防洪压力。

流域下游正在建设北京新机场,其防洪标准为100 a一遇。为了保障门头沟新城和下游新机场的防洪排涝安全,在门头沟、大兴区新建2处蓄滞区,滞蓄

下游大兴新城等开发建设增加的流量,同时控制天堂河出境流量。

通过以上措施的完善,境内永定河水系将形成“五库三区蓄洪涝,枢纽河堤分泄洪,左保京城与机场,右保门城及良乡”的工程总体格局。永定河流域山区洪水控制率将达到94%,平原区堤防达到100~200 a一遇防洪标准。永定河流域防洪格局及100 a一遇洪水调度安排见图3。

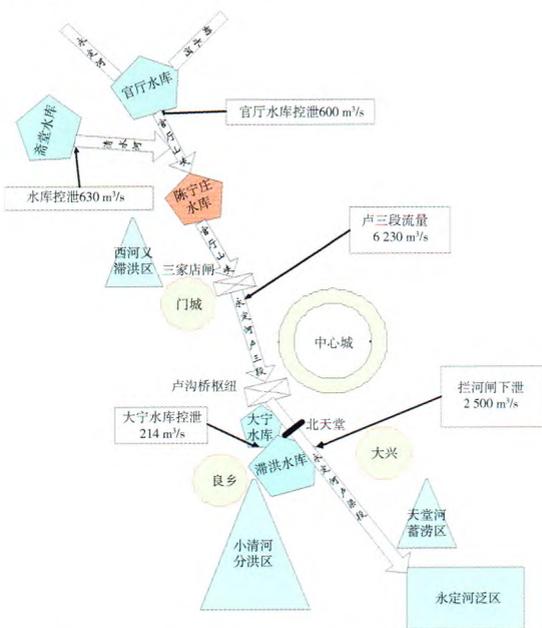


图3 永定河流域防洪格局及100 a一遇洪水调度安排

3.2.2 北运河流域防洪排涝格局

(1)现状格局。北运河水系防洪标准为50 a一遇,承担中心城区96%、通州境内87%流域范围的雨水排泄任务,重点保护中心城、城市副中心的防洪安全。《海河流域防洪规划》要求杨洼闸50 a一遇出境洪峰流量为2220 m³/s。

北运河流域上游现有2座中型水库控制部分洪水,洪水控制率仅为45%,规划的2座中型水库和66处蓄滞洪区尚未完全建成。干流河道堤防达标率不高,还面临中下游要保障城市副中心防洪安全的问题。

北运河干流河道自温榆河沙河闸至出境河道总长88.6 km,现状仅11 km河道堤防达到50 a一遇防洪标准,其余堤防标准仅为20 a一遇。现状北运河依靠北关分洪枢纽将北运河的部分洪涝水经运潮减河分入潮白河。

(2)调整后格局。北运河流域面临防洪排涝压力较大,既要使中心城四大支流洪涝水能顺畅排泄,又要保障北京城市副中心100 a一遇防洪安全,需对流域现状防洪体系从上到下进行梳理和完善,建设拦、滞蓄工程和分洪措施滞蓄、分泄洪水。

为减轻下游平原区防洪排涝压力,在上游山区修建2座中型水库,提高山区洪水控制率至64%;中下游

通过加高加固平原区河道堤防,使骨干河道堤防达到河系 50 a 一遇防洪标准;另外,北运河流域平原区面积大、重点区域多,为了控制来自中心城、昌平新城、顺义新城等区域的众多中小河流汇入干流的洪水,在北运河流域新增蓄滞洪(涝)区 55 处,控制支流汇入干流的流量。

北京城市副中心位于北运河流域中下游的通州新城范围,经过核算,为了使 50 a 一遇防洪标准的北运河河系能够保障副中心 100 a 一遇防洪标准,需要在副中心上游修建温榆河分洪、滞洪工程,包括沿通州、顺义两区边界开挖温潮减河,在温榆河左岸修建宋庄蓄滞洪区,分泄温榆河部分洪水入滞洪区和潮白河。至此,副中心上游将形成两个分洪枢纽向防洪压力较小的潮白河分泄洪水。

通过以上工程措施,北运河流域将形成“四库多区蓄洪涝,两大枢纽分泄洪,四支承泄城区水,干流漫滩控出境”的防洪排涝格局。北运河水系防洪格局及 50 a 一遇洪水调度安排见图 4。

1 200 万人,属于特别重要城市。根据《防洪标准》(GB 50201—2014),常住人口 ≥ 150 万人、当量经济规模 ≥ 300 万人的城市,其防洪标准应 ≥ 200 a 一遇。综合考虑中心城的防洪需求及防洪工程治理情况,经复核比较,确定中心城防洪标准为不低于 200 a 一遇。

中心城西北部的八大处、香山等西山地区的洪水对中心城威胁较大,根据《城市防洪工程设计规范》(GB/T 50805—2012),确定中心城防洪标准为 100 a 一遇。

城市副中心位于中心城东部原通州新城境内,规划 2020 年人口达到 115~120 万人,根据《防洪标准》,其防洪标准确定为 100 a 一遇。

依据各新城规划,2020 年新城规划人口为 20~90 万人,其相应的防洪标准为 50~100 a 一遇。

通过对各新城规划人口、城市重要性、功能定位、城市布局及其保障对象的综合分析,并用当量经济规模进行了复核,对顺义、房山区良乡组团、门头沟、延庆 4 座原规划为 100 a 一遇的新城防洪标准调整为 50 a 一遇。其余新城保持原规划的 50~100 a 一遇防洪标准。

(2) 治涝标准。根据《室外排水设计规范》(GB 50014—2006)、《治涝标准》(SL 723—2016)及各涝区的重要性、涝灾的严重程度与影响等因素,分析确定保护区治涝标准。

中心城一般地区为 50 a 一遇,重要地区为 100 a 一遇。当发生 50~100 a 一遇 24 h 降雨时,城市积水对市民的生产、生活和交通出行不造成较大影响,积水深度超过 15 cm 的时间控制在 30 min 以内。

城市副中心发生 50 a 一遇 24 h 降雨时,城市积水对市民的生产、生活和交通出行不造成较大影响,积水深度超过 15 cm 的时间控制在 30 min 以内。

新城或乡镇发生 20 a 一遇 24 h 降雨时,积水深度超过 15 cm 的时间控制在 30 min 以内。

农田及村庄发生 10 a 一遇 24 h 降雨时,农田涝水排除时间为 1.5 d(北京地区农田属旱作区,汛期主要农作物按玉米耐淹时间考虑)。

3.3.3 主要干流防洪标准

按照《海河流域防洪规划》要求,永定河防洪标准为 100 a 一遇,北运河、潮白河防洪标准均为 50 a 一遇,为了保障北京市中心城 200 a 一遇、城市副中心 100 a 一遇及新城 50~100 a 一遇的防洪安全,对相关河段堤防标准进行了调整。

(1) 永定河。永定河山区段河道依靠堤防挡水,为了保证河道行洪空间,同时保障上游周边村镇防洪安全,对山区河道按照 20~50 a 一遇标准划定行洪控制线,包括限建线和禁建线。按 20 a 一遇洪水淹没线作为行洪线和管理范围线,严格禁止开发建设;50 a 一

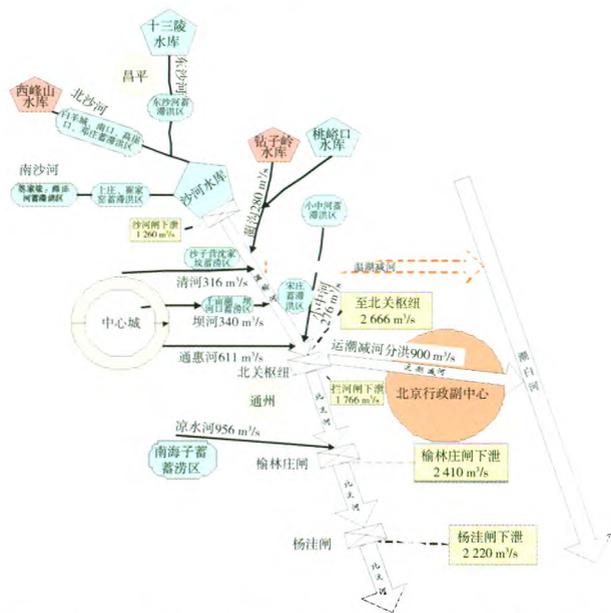


图 4 北运河水系防洪格局及 50 a 一遇洪水调度安排

3.3 防洪排涝标准体系

3.3.1 标准体系构架

根据有关规范要求,充分考虑洪涝水特性、城镇的重要性和发展需求,以及经济技术的可行性、合理性,在全市范围建立由防护对象、防洪排涝工程等构成的防洪排涝标准体系。

3.3.2 保护对象防洪治涝标准

(1) 防洪标准。全市主要保护对象包括中心城、城市副中心、新城、城镇和农区。根据保护对象的重要性、人口、当量经济等指标确定其防洪标准。

中心城作为国家首都的核心区,城区人口超过

遇洪水淹没线作为控制建设线。

平原段分为卢三段和卢梁段两部分,其中卢三段是永定河最重要的河段,其左堤是确保中心城安全的重要防线,其标准原定为“可能最大洪水”水位+0.7 m 超高筑堤,为了保证达到 200 a 一遇防洪标准,按照 1 级堤防超高进行复核,取两者外包线加高堤防。

为了保障中心城西南部区域 200 a 一遇防洪标准,永定河左堤卢沟桥至北天堂段防洪标准也提高到 200 a 一遇,其余段左、右堤仍维持 100 a 一遇防洪标准。

(2)北运河。北运河上游段温榆河干流自沙河闸至北关闸,河道防洪标准由 20 a 一遇提高至 50 a 一遇。

为保证城市副中心的防洪安全,北运河干流北关闸至榆林庄闸堤防防洪标准应按 100 a 一遇。榆林庄闸至市界段河道防洪标准仍为 50 a 一遇。

(3)潮白河。根据《海河流域防洪规划》,潮白河干流河道防洪标准为 50 a 一遇。考虑城市副中心的安全,苏庄以下至兴各庄橡胶坝右堤按 100 a 一遇防洪标准复核规划堤顶高程,并取两者外包线加高堤防。

4 结 语

(1) 随着城市发展,北京市防洪排涝体系亟须完善,洪涝水治理思路、防洪排涝格局及标准体系完善提高均是重点研究的关键问题。

(2) 结合“海绵城市”建设,完善北京市防洪排涝体系建设思路为“流域控制、分区防守、洪涝兼治、化害为利”,通过各项工程措施保证区域防洪排涝达标,同时满足流域洪水控泄要求,还可兼顾蓄滞洪涝水,充

分利用水资源。

(3)通过规划建设水库、加高堤防、疏浚河道、建设蓄滞洪(涝)区、开挖减河分洪等措施,全市五大流域将形成完善的防洪排涝工程格局,实现中心城、城市副中心及新城防洪安全:永定河依靠大清河流域的小清河分洪区分泄洪水,保障中心城防洪安全;北运河依靠开挖温潮减河,与运潮减河同时向潮白河分洪,保障副中心防洪安全。

(4)防洪排涝标准体系中部分新城防洪标准,根据规范、近期城市发展及流域规划进行了调整。永定河、北运河、潮白河三大骨干河道的防洪标准因保护对象重要性的提高,部分河段防洪标准进行了调整,中心城、城市副中心保护段均高于原河系 100、50 a 一遇防洪标准。

参考文献:

- [1] 北京市水利局.北京水旱灾害[M].北京:中国水利水电出版社,1999:37-57.
- [2] 北京市水利规划设计研究院.2012年“7·21”特大自然灾害洪水调查评价报告[R].北京:北京市水利规划设计研究院,2012:1-10,99-100.
- [3] 北京市第一次水务普查工作领导小组办公室.北京市河湖普查成果[M].北京:中国水利水电出版社,2013:5.
- [4] 北京市第一次水务普查工作领导小组办公室.水利工程普查成果[M].北京:中国水利水电出版社,2013:5,154.
- [5] 北京市水利规划设计研究院.北京市防洪排涝规划报告[R].北京:北京市水利规划设计研究院,2016:17-23.

【责任编辑 许立新】

(上接第27页)

5 结 语

本研究分析了以水泥厂观测点为代表的封河初期万家寨库尾水位突升的现象及其原因,即水位呈线性增长,水位上涨最高可达 8.5 m,超过历年凌汛期最高水位;另外岔河口弯道地形、铁路桥墩阻冰和持续低温有助于流凌形成堆积并发展成冰塞、冰坝。最后利用数学统计模型初步评估了水泥厂水位增长长期内水位因子和气温因子对水位增长的影响率:考虑温度因子时,影响率为岔河口 H_1 >万家寨坝前 H_2 >气温 H_T ,所占比例分别为 46.99%、30.22%、22.79%;不考虑温度因子时,影响率为岔河口 H_1 >麻地壕 H_3 >万家寨坝前 H_2 ,所占比例分别为 53.24%、29.59%、17.17%。两种情况都表明岔河口形成冰塞、冰坝是上游水位突升的主要影响因子,这一结论可为万家寨水库防凌调度提供一定的依据。

参考文献:

- [1] 可素娟,王敏,饶素秋.黄河冰凌研究[M].郑州:黄河水利出版社,2002:86-87.
- [2] 翟家瑞,金双彦,熊运阜,等.黄河万家寨水库防凌运用方式研究[M].郑州:黄河水利出版社,2013:1-5.
- [3] 马喜祥,白世录,袁学安,等.中国河流冰情[M].郑州:黄河水利出版社,2009:200-202.
- [4] 万家寨水库防汛办公室.万家寨凌情通报 2015—2016 第 1 号[R].太原:万家寨水库防汛办公室,2015:1-2.
- [5] 戴长雷,于成刚,廖厚初,等.冰情监测与预报[M].北京:中国水利水电出版社,2010:145-146.
- [6] 廖厚初,付强,肖迪芳,等.松花江冰坝凌汛最高水位短期预报方法[C]//中国水利学会青年科技工作委员会.中国水利学会第四届青年科技论坛论文集.北京:中国水利学会青年科技工作委员会,2008:252-253.

【责任编辑 许立新】