

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.06.010

香港城市防洪排涝对策及启示

王江波¹, 王子初², 温佳林¹, 苟爱萍³

(1. 南京工业大学 建筑学院, 江苏 南京 211806; 2. 华设设计集团股份有限公司, 江苏 南京 210001; 3. 上海应用技术大学 生态技术与工程学院, 上海 201418)

摘要: 我国的香港地区经常遭受台风和暴雨的侵袭,但损失却不大,这得益于其较早开展的防洪排涝工程体系建设。首先分析了香港早期防洪面临的问题,然后简要回顾了香港开展系统性雨水排放计划的历程,将其特色经验总结为上游截流、中游蓄洪、下游拓渠,并详细阐述了各环节防洪工程的主要建设内容;最后,提出了对我国其他地区的启示。

关键词: 香港; 隧道; 蓄洪池; 拓渠

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)06-0048-07

Countermeasures and Enlightenment of the Flood Control and Drainage in Hong Kong

WANG Jiang-bo¹, WANG Zi-chu², WEN Jia-lin¹, GOU Ai-ping³

(1. College of Architecture, Nanjing Tech University, Nanjing 211806, China; 2. China Design Group Co. Ltd., Nanjing 210001, China; 3. School of Ecological Technology and Engineering, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418, China)

Abstract: Hong Kong is often attacked by typhoons and rainstorms, but they only lead to slight losses. This is due to its construction of flood control and drainage engineering system in advance. This paper first analyzes the problems faced by the flood control in Hong Kong, and then briefly reviews the history of the systematic stormwater drainage plan in Hong Kong. The characteristic experiences are summarized from upstream river closure, flood storage in the middle reaches and channel expansion in the lower reaches. The main construction contents of flood control projects at each stage are described in detail. Finally, the enlightenment for works in Chinese other cities is put forward.

Key words: Hong Kong; tunnel; flood storage tank; channel expansion

香港位于我国华南地区珠江口东岸,处于亚热带环境,紧邻南中国海,所邻海洋广阔,地形为丘陵地带,且地表水系发达。香港境内的河流中没有较大的河流,导致河流泄洪作用有限。香港气候潮湿,暴雨较多,该地区洪水灾害主要分为两类:一是强降雨导致的城市内涝灾害,二是台风带来的强

风、强降雨导致的洪涝灾害^[1]。在地形、水文、气候等因素共同作用下,香港地区成为我国泥石流、内涝的高易发地。

1989年,香港渠务署成立后,针对城市易发生洪涝灾害的现状,开展了“雨水排放计划”,大量雨洪工程的建设使香港的洪涝灾害大量减少^[2]。渠务

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51978329、51778364)

通信作者: 苟爱萍 E-mail: aipinggou@hotmail.com

署从各项防洪工程设施的建设入手,提高市区排水干渠和支渠的防洪标准。通过在上游新建大型雨水进水口并兴建雨水排放隧道,直接将雨水排放至海中,从而减少了上游洪水对下游市政排水设施的压力。同时,在中游建设规模巨大的蓄水池,通过雨水回收系统,收集并利用了大量的雨水资源。

港珠澳大桥的通车、粤港澳大湾区规划的出台,给香港及周边地区带来新的发展机遇,使得粤港澳大湾区逐步成为一个紧密联系的整体。同时,近些年,“天鸽”台风、“山竹”台风等不断登陆,给大湾区造成了较大损失。因此,研究香港防洪经验,对于提升大湾区整体的防洪能力,具有很强的现实价值。

1 香港早期防洪排涝面临的问题

1.1 工程性措施不完善

20世纪60年代,香港一些旧区经常遭到水浸灾害,沿街居民多在店铺门口设置固定位置插入一块挡水板,作为简易的防水措施(见图1)。

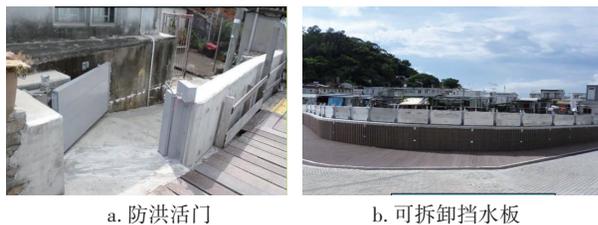


图1 香港早期防洪设施

Fig.1 Early flood control facilities in Hong Kong

早期的防洪排涝工程建设也仅局限于简单市

政设施的更新建设,如改善河道、多建排水管道等措施,但由于排水管道多沿路铺设,这些措施不仅工程量大,而且长期施工对居民正常生活造成严重影响。

1.2 非工程性措施不健全

1989年之前,香港的防洪工作一直是处于无政府状态,没有成规模的防洪体系建设。台风暴雨来临时,通信中断,政府部门没有一个完善的防洪防风暴雨的应急管理计划,甚至各部门停运,居民只能依靠自救。

2 防洪排涝对策体系

为防止大范围水浸造成巨大损失,香港于1989年成立渠务署,主要负责洪水防治等相关管理工作。1996年,香港开始实施“雨水排放系统整体计划”的工程^[3],投入超过250亿港元^[4]。渠务署委托顾问公司进行雨水计划的研究,旨在找出香港水浸问题并提出解决措施。其中,第一项雨水排放计划于1996年开始,内容涉及短期和长期措施。整个计划从排水管道、排水隧道、蓄水设施等工程设施方面入手,较为完善地建立了香港防洪排涝系统,主要做法是用竖井收集上游的雨水后直接通过隧道排放至大海,不必通过城市内部,减少对城市的影响^[5]。香港防洪措施主要是由上游截流、中游蓄洪以及下游拓渠三大类构成^[6-8],三者构成的防洪体系彻底改变了香港每逢暴雨就水浸的状况。香港历年主要防洪工程项目见表1,截流蓄洪示意图2。

表1 香港历年主要防洪工程项目

Tab.1 Major flood control projects in Hong Kong over the years

开展时间	工程名称
2006年	东九龙雨水排放系统改善计划;丙岗、九龙坑、元岭、南华莆及泰亨地区雨水排放系统改善工程
2007年	东九龙雨水排放系统改善计划;林村河上游、社山河、大埔河上游、坪朗和官坑雨水排放系统改善工程;港岛北部雨水排放系统改善计划;荃湾、葵涌及青衣雨水排放系统改善计划
2008年	南大屿山雨水排放系统改善计划;港岛北部雨水排放系统改善计划;西九龙雨水排放系统改善计划;新界麒麟村、马草垄、营盘、石仔岭和沙岭雨水排放系统改善计划
2009年	西贡福民路明渠改善计划
2010年	大埔船湾雨水排放系统改善工程;屯门顺达街截流渠及元朗沙埔村余下工程;重建和修复一段由蒲岗村道至东光道的启德明渠
2011年	重建和修复一段由蒲岗村道至东光道的启德明渠
2012年	莲塘、香园围口岸与相关工程—重置边界巡逻通路和主围网;跑马地地下蓄洪计划
2013年	重建和修复一段由东光道至太子道东的启德明渠
2019年	地下雨水渠修复工程第一阶段
规划设计中	旺角雨水排放系统改善工程、九龙城雨水排放系统改善工程、黄大仙雨水排放系统改善工程、尖沙咀雨水排放系统改善工程、大埔雨水排放系统改善工程、沙田及西贡雨水排放系统改善工程、东区雨水排放系统改善工程、观塘雨水排放系统改善工程、元朗防洪坝计划、北区雨水排放系统改善工程、打鼓岭雨水排放系统改善工程、西九龙雨水排放系统改善计划、元朗区雨水排放系统改善工程、起动九龙东和新界北部雨水排放系统改善计划、昂坪雨水排放系统改善工程、港岛南部雨水排放系统改善计划、元朗市明渠改善工程和地下雨水渠修复工程

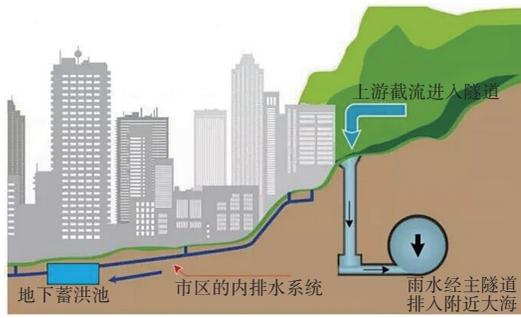


图2 截流蓄洪示意

Fig.2 Schematic diagram of interception and storage

2.1 上游截流

上游截流的主要内容包括在上游建设雨水进水口,通过四条巨大的地下排洪隧道,将雨水直接排放出海,以分流市区30%的雨水。在城市易水浸区域设置蓄水池,暂时储存雨水后排放出城市。目前,香港有荃湾、荔枝角、港岛西排放隧道以及启德转运计划四条排水隧道(见表2)。其中,港岛西雨水排放隧道规模最大,荃湾雨水排放隧道排放最高流量最多,防洪标准最高。香港排水设施分布见图3。

表2 香港排水隧道情况

Tab.2 Situation of drainage tunnel in Hong Kong

项目	建造时间	长度/km	直径/m	进水口	排水口	排放最高流量/(m ³ ·s ⁻¹)	防洪标准
荃湾雨水排放隧道	2007年—2013年	5.1	6.5	和宜合、老围、曹公潭(3个)	油柑头	220	200年一遇
荔枝角雨水排放隧道	2008年—2012年	3.7	4.9	大埔道及蝴蝶谷等(6个)	昂船洲	102	50年一遇
港岛西雨水排放隧道	2007年—2012年	11	6.25 ~ 7.25	大坑、跑马地、湾仔、中环及西营盘等地区(34个)	数码港	150	50年一遇
启德雨水转运计划	2004年	1.8			启德明渠		200年一遇



图3 香港排水设施分布

Fig.3 Drainage facilities distribution in Hong Kong

2.1.1 荃湾雨水排放隧道

荃湾雨水排放隧道主要依靠3个进水口截流荃湾雨水,再经由油柑头排水口排入大海(见图4),以减轻地下管渠的排水负担,同时加强荃湾及葵涌排水系统的洪水处理能力,减少区内因为暴雨而导致的水浸情况。

荃湾雨水排放隧道的最高流量在香港雨水排放隧道排水量中最高,可以抵御200年一遇的暴雨。渠务署为了避免影响生态环境及保持山上的河道

的水流量,荃湾雨水排放隧道只会在黄色暴雨警告生效下运行。



图4 荃湾雨水排放隧道示意

Fig.4 Schematic diagram of the Tsuen Wan rainwater drainage tunnel

2.1.2 荔枝角雨水排放隧道

荔枝角雨水排放隧道包括半山兴建的分支隧道以及通过荔枝角的地下主隧道;分支隧道经过大埔道及蝴蝶谷等6个进水口,分流收集上游郊区的雨水,最后输送至主隧道,主隧道从荔枝角将雨水从昂船洲旁边的排水口排出海域(见图5)。

由于荔枝角雨水排放隧道的主隧道穿越闹市区,与分支隧道的位置环境截然不同,分布于软土及花岗岩的不同地质上。荔枝角雨水排放隧道采用直接疏导雨水的崭新截流方式,大幅提升荔枝

角、长沙湾及深水埗等地区的防洪水平,受到保护的香港市区范围达到 509 hm²,可以抵御 50 年一遇的暴雨。荔枝角雨水排放隧道能够截取服务地区 40% 的降雨量,降低了深水埗及长沙湾等地区受到水浸的风险。

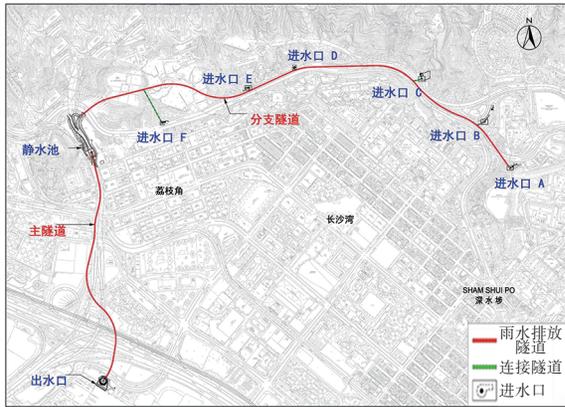


图5 荔枝角雨水排放隧道示意

Fig.5 Schematic diagram of Lai Chi Kok rainwater drainage tunnel

2.1.3 港岛西雨水排放隧道

港岛西雨水排放隧道共 34 个进水口,分布于大坑、跑马地、湾仔、中环及西营盘等地区,将多地的雨水收集后直接排入大海,是目前香港规模最大的排水工程(见图6)。港岛西雨水排放隧道启用后,可收集大约 30% 的山林雨水,有效减低了香港岛多个地区受到水浸威胁的几率。

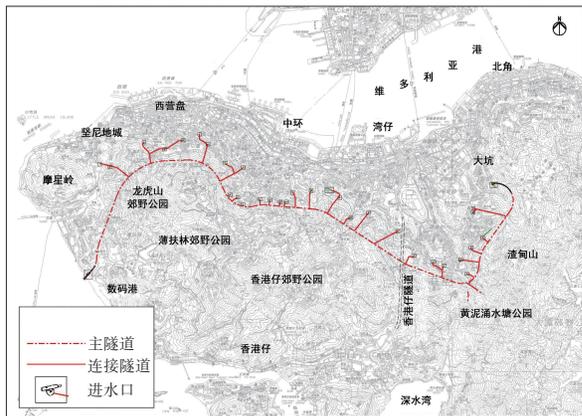


图6 港岛西雨水排放隧道示意

Fig.6 Schematic diagram of Hong Kong Island West rainwater drainage tunnel

2.1.4 启德雨水转运计划

按照香港政府渠务署发布的防洪标准,市区排水干渠系统为 200 年一遇,市区相关排水系统为 50

年一遇,乡村排水系统则为 10 年一遇^[3]。在转运计划实施之前,启德河的防洪标准没有达标,因此,开展启德雨水转运计划的主要目的是对上游河道进行改善,提高河道排水能力,减小上游降水对中游的泄洪压力。

该计划于 2004 年夏季完成,主要内容是将旺角上游雨水通过排水隧道输送至启德明渠排放。同时,进行河堤的建设,绿化河道走廊,提高途经地区的生态水平;通过建设河床种植槽、河水导流石等设施,可增强明渠周边的生态建设。

2.2 中游蓄洪

中游蓄洪主要是建设地下蓄洪设施。目前上环、大坑东和跑马地是香港已建的三大地下蓄洪池,地下蓄洪设施可以大量地存放雨水,等暴雨过后,错开排洪高峰后将雨水有系统地排放入海。其相关信息和指标如表 3 所示,其中大坑东蓄水池容量最高。

表3 香港3座大型地下蓄洪池信息

Tab.3 Information of three large underground flood storage tanks in Hong Kong

项目	建设时间	占地面积/m ²	容量/m ³	高度/m	防洪标准
跑马地蓄水池	2017年	20 000	60 000	2.5~4.8	50年一遇
大坑东蓄水池	2004年		100 000	9.5	50年一遇
上环地下蓄洪计划	2009年		9 000		50年一遇

当下游排水系统的容量不足以应对洪峰流量时,便会采用蓄洪池的方法^[9]。在高密集的城市地区,在下游的繁忙道路施工改善现有排水系统,会严重干扰交通和公众,大大限制了水利设施的建设进度。

2.2.1 跑马地地下蓄洪计划

蓄洪池运作原理是对地面径流进行临时贮存,使少量水流流向集水区下游^[10]。这样,可将雨水流量控制在下游排水系统的容量内,从而缓解下游排水系统的压力。跑马地游乐场是香港区内最低点,就水力学观点而言,是推行地下蓄洪计划的理想地点。工程完成后,跑马地一带的防洪系统一般可足以抵御 50 年一遇的暴雨。2017 年 3 月,跑马地马场地下蓄洪池正式投入使用(见图7)。该蓄洪池可以储存暴雨期间收集的雨水,极大地改善了该地区的降雨积水问题。



图 7 跑马地地下蓄洪池

Fig.7 Schematic diagram of Happy Valley underground flood storage tank

2.2.2 大坑东地下蓄洪计划

大坑东蓄洪计划是西九龙雨水排放系统改善计划的一个主要部分,是最早启用的蓄洪池,建造目的是期望能通过该计划来减少洪水对旺角的影响。大坑东蓄洪池的设计标准是抵御 50 年一遇的暴雨。2004 年 9 月,大坑东蓄水池投入使用,强降雨时,入水口暗渠引入的雨水流入蓄洪池;当雨水减退时,便会将蓄洪池内的雨水抽进排水系统,再流入大海(见图 8)。



图 8 大坑东地下蓄洪池

Fig.8 Schematic diagram of Tai Hang East underground flood storage tank

2.2.3 上环地下蓄洪计划

上环曾是水浸黑点,尤其永乐街片区是重灾区。2009 年上环雨水泵房启用,上环水浸情况得到改善。该项目包括一座 9 000 m³ 的地下蓄洪池(见图 9),以及泵房、装有水闸的导流室和相关连接排水管道等。导流室把低洼地区收集到的雨水导流至地下蓄洪池,后通过潜水泵将地下蓄洪池的雨水泵出流入大海。



图 9 上环地下蓄洪池

Fig.9 Schematic diagram of Sheung Wan underground flood storage tank

2.3 下游拓渠

2.3.1 治河工程

早期,香港天然河道只能应付两年一次的洪水泛滥。为了增加河流的容量、应对极端情况,需要将河流拉直、扩宽、挖深及设置衬层。例如,香港的北区和广东省深圳市之间的深圳河(见图 10),采取扩宽河道和加高堤防的方式,减缓下游河道防洪压力^[11-13];香港新界区的梧桐河、双鱼河、山贝河、锦田河和平原河等河流将原本的曲流拉直,掘深和扩宽河道,一系列的治河工程完成后,大部分易受水浸地方的水浸风险就会大大降低。同时,在治河时采用了海绵城市的理念,通过植草护坡、重建湿地和水塘等方法,打造了可持续性的防涝方式。



图 10 深圳河治河工程

Fig.10 Shenzhen River treatment project

2.3.2 无坑挖掘下游拓渠

若某地区防洪能力不够强而又不便拓渠时,香港渠务署通常实施挖路,更换大口径或坡降较大的管道,以增加排洪量(见图 11)。香港通过二三十年的时间,投入数百亿港元的资金,使城市雨水排放系统有了很大的提升。2018 年 6 月,香港城市内部因强降雨而带来的水浸黑点减少到只有 6 个。过去几年,多次强台风侵袭香港,都没出现大规模的水浸问题。

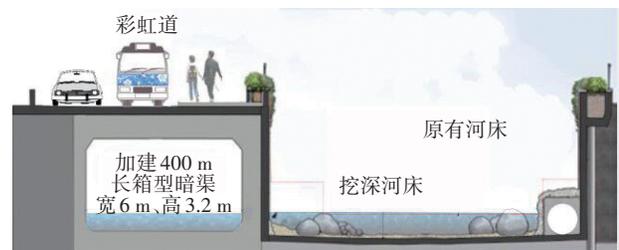


图 11 下游启德河改善工程

Fig.11 Schematic diagram of downstream Kai Tak River improvement project

2.4 防洪排涝非工程性措施

2.4.1 应急管理措施

香港保安局制定了天灾应变计划,详细规定了警报系统和应付暴雨台风等气象灾害的组织架构,提出一旦发生天灾,政府部门和其他机构应及时承担起其职能和责任。如由香港天文台对天气进行密切监测,并发出预警。

2.4.2 灾害管理措施

灾后管理主要由紧急监援中心进行统筹,确保善后工作的正常开展。民政事务总署主要是负责灾后居民安置工作,提供临时住所给灾后无家可归的居民居住。社会福利署承担灾后救援工作,为受灾居民提供基本救灾物品,如水、食物、毛毯等,并为受灾民众提供一定的救助金。灾后,香港地方保险公司也积极进行实地勘验,对受损情况进行评估,给当地居民因气候灾害带来的损失进行一定程度的补偿。

3 启示

粤港澳大湾区均为临海丘陵地形,自然地理环境条件相似,强台风和强降水也经常出现,香港经验给其他地区带来以下启示:

① 工程性措施方面。第一,建设引流排放隧道。香港地区的隧道选址多为市区外围山体地下,能够减少雨水带来的滑坡灾害,以及减少在城市中心区域修建排水管道,避开市区繁忙街道,对工商业生活的影响降到最低。因此可以在大湾区内的适当地区修建转运引流隧道,将上游降水避开城市高强度建设区,并引导排放。第二,利用体育运动场所或大型广场绿地的地下空间来增加城市蓄水空间。香港地下蓄水池规模大,加强地下蓄水池的建设可以防御台风带来的强降水而导致的大量积水问题。第三,下游河道拓宽。香港下游河道整治措施主要有断面挖宽、沟渠挖深,这样使得水渠蓄水量扩大,同时在道路下方建设箱型暗渠,一体化考虑拓展下游排水量,这方面的经验也值得其他内陆城市学习。

② 非工程性措施方面。制定灾害应急计划以及多种避灾方案,灾害来临时按预定方案进行避灾,以减少伤亡和损失。加强灾害预警,一旦即将发生灾害,立即通过互联网、电视、广播等渠道发布预警信息,并根据实际情况变化而及时更新。《天灾

应变计划》(2009年版)提出,加强保险补偿措施,在灾后积极启动保险现场勘测,进行灾害赔偿工作。每次灾害发生后,要根据灾害暴露出来的问题及时修订法规,为后续建设提供较大帮助,提升防洪治理的效率和效果。灾害保险,也是我国其他城市需要重点提升的一项减灾工作,具体模式仍需多方积极探索。

参考文献:

- [1] 陈磊. 香港沿岸台风风暴潮灾害联合强度概率分析[J]. 水资源与水工程学报, 2019, 30(6): 20-23, 29.
CHEN Lei. Joint intensity probability analysis of typhoon storm surge disasters along the coast of Hong Kong [J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2019, 30(6): 20-23, 29 (in Chinese).
- [2] 伍世良. 香港河道整治的发展和展望[J]. 水土保持研究, 2003, 10(4): 54-57.
WU Shiliang. Channelization in Hong Kong—development and perspectives [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2003, 10(4): 54-57 (in Chinese).
- [3] 车璐. 浅析城市排水系统与城市生态景观可持续发展的关系——以青岛老城区排水系统为例[D]. 青岛: 青岛理工大学, 2013.
CHE Lu. Analysis of the Relationship of Urban Drainage System on Sustainable and Urban Ecological Landscape—the Case of Drainage of Old City in Qingdao [D]. Qingdao: Qingdao Technological University, 2013 (in Chinese).
- [4] 李亦. 雨都香港为何没有“水浸”? [J]. 沪港经济, 2016 (9): 42-43.
LI Yi. Why is there no “flooding” in Hong Kong? [J]. Shanghai-Hong Kong Economy, 2016 (9): 42-43 (in Chinese).
- [5] 谢希语. “雨都”香港如何防止城市内涝? [J]. 水世界, 2016(4): 50-51.
XIE Xiyu. How does Hong Kong prevent waterlogging in the city? [J]. Water World, 2016 (4): 50-51 (in Chinese).
- [6] 伍世良. 河道整治的环境影响及其对策: 香港的经验 [C]//中国地理学会水文专业委员会. 中国地理学会水文专业委员会第七次全国水文学术会议文集. 北京: 科学出版社, 1999: 8-12.
WU Shiliang. Environmental impact of river improvement and its countermeasures: Hong Kong's experience [C]//Hydrology Professional Committee of

- Chinese Geographical Society. Proceedings of the Seventh National Hydrological Academic Conference of the Hydrological Professional Committee of the Chinese Geographical Society. Beijing: Science Press, 1999: 8-12 (in Chinese).
- [7] 李良庚. 香港城市防洪与排水管理对深圳水务的启示[J]. 水利发展研究, 2012, 12(11): 44-47.
LI Lianggeng. Enlightenment of Hong Kong urban flood control and drainage management to Shenzhen water affairs [J]. Water Resources Development Research, 2012, 12(11): 44-47 (in Chinese).
- [8] 谢希语. 香港: 防洪“三宝”[J]. 河北水利, 2016 (12): 36.
XIE Xiyu. Hong Kong: “three treasures” of flood prevention [J]. Hebei Water Resources, 2016 (12): 36 (in Chinese).
- [9] 胡龙, 徐连军, 张善发. 国外雨洪管理工程案例介绍 [C]//《中国给水排水》杂志社. 城市雨洪管理国际研讨会论文集. 天津:《中国给水排水》杂志社, 2012: 10-15.
HU Long, XU Lianjun, ZHANG Shanfa. Case introduction of foreign stormwater management projects [C]//China Water & Wastewater. Proceedings of the International Symposium on Urban Stormwater Management. Tianjin: China Water & Wastewater, 2012: 10-15 (in Chinese).
- [10] 方宇斌. 海绵城市蓄洪水池兼顾雨洪及抽蓄储能调度的关键模型研究[D]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2017.
FANG Yubin. Study on the Key Model of Sponge City Flood Storage Pool with Rainwater and Storage Pumped Scheduling [D]. Hangzhou: Hangzhou University of Electronic Science and Technology, 2017 (in Chinese).
- [11] 叶林宜. 深圳河防洪工程规划的航运效益分析[J]. 水利经济, 1995(3): 42-43.
YE Linyi. Analysis on shipping benefits of Shenzhen River flood control project planning [J]. Journal of Economics of Water Resources, 1995 (3): 42-43 (in Chinese).
- [12] 兰建洪, 陆伟雄, 黄立邦. 治理深圳河第四期工程——可持续发展兼生态友好型新措施[J]. 水利水电技术, 2015, 46(2): 5-7, 13.
LAN Jianhong, LUK W H, WONG Bernard. Phase IV of Shenzhen River regulation project—new measures for sustainable development and eco-friendship [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2015, 46(2): 5-7, 13 (in Chinese).
- [13] 徐照明, 何勇, 吴良冰. 深圳河防洪能力的研究[J]. 人民长江, 2011, 42(1): 9-12.
XU Zhaoming, HE Yong, WU Liangbing. Research on flood control capacity of Shenzhen River [J]. Yangtze River, 2011, 42(1): 9-12 (in Chinese).

作者简介: 王江波(1976-), 男, 河南鹤壁人, 博士, 教授, 主要从事韧性城市与安全防灾等方面的研究。

E-mail: wjb623@163.com

收稿日期: 2019-03-27

修回日期: 2019-04-27

(编辑: 丁彩娟)

依法划定河湖管理范围

严格水域岸线水生态空间管控