

# 沿海平原河网城市排水防涝典型问题及对策分析

汉京超, 俞士静, 陈秀成

(上海市市政工程设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200092)

**摘要:** 针对沿海平原河网城市地势低平、河网交错、内河水位易受外潮影响等特征,以温州市为例,介绍了其现状排水格局,分析了其排水防涝面临的一系列典型问题,包括规划河道控制水位过高导致排水困难、现有雨水管渠标准普遍偏低、雨水排放口过于分散、排水及除涝标准匹配与协调难度高、极端气象灾害时有发生、积水点治理困难大等。针对上述问题,提出了系统应对策略及一系列技术对策,供沿海平原河网城市排水防涝时参考借鉴。

**关键词:** 沿海平原河网城市; 排水防涝; 排水管网模型; 排水标准; 除涝标准

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)04-0030-05

## Analysis of Typical Problems and Countermeasures of Drainage and Waterlogging Prevention in Coastal Plain River Network City

HAN Jing-chao, YU Shi-jing, CHEN Xiu-cheng

(Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

**Abstract:** The coastal plain river network cities are usually characterized by low and flat terrain, crisscross river network, and easy influence of internal river level by external tide. As an example, the current drainage pattern of Wenzhou was introduced. A series of typical problems faced by its drainage and waterlogging prevention in Wenzhou were analyzed, including the difficulty of drainage caused by the high control water level of the planned river course, the low design standards of present rainwater pipe canal, the dispersion of stormwater outlets, the difficulty of matching and coordinating the drainage and waterlogging control standards, the occurrence of extreme meteorological disasters from time to time, and the difficulty of managing the local flooding sites. In view of the above problems, systematic coping strategy and a lot of measures were put forward, which would provide some reference for urban drainage and waterlogging prevention in coastal plain river network city.

**Key words:** coastal plain river network city; drainage and waterlogging prevention; InfoWorks ICM Model; drainage standards; waterlogging control standards

近年来,城市排水防涝问题日益凸显。尤其是对于沿海的平原河网城市,随着城市化进程的不断推进,中心城区河网密度呈现缩减且分布不均的态势,城市下垫面不透水比例也不断增加,径流系数明

显增大。与此同时,现状城区经过数十年的建设,排水管网设施基本成型,在现状建成区进行排水管网的整体提标和全面的翻排建设困难重重,几乎不具备实施条件。此外,在河网密集地区,传统自排为主

的排水效果受河道水位影响较大,导致城市排水安全受到威胁。上述现状对沿海平原河网城市的排水防涝工作提出了严峻的挑战及考验。

## 1 温州市中心城区现状排水格局

温州市区属沿海丘陵平原区,是温瑞平原的一部分。市区范围内河网密集,全长约 776 km,排水条件非常便利。雨水管道一般依据道路规划布局,结合自然地形、地貌等因素,划分排水流域,并以分区就近排放内河为原则。根据调研,温州市现状排水体制以分流为主(约占 95% 以上),仅旧城区约 4 km<sup>2</sup> 保留合流式排水体制。市区雨水管网总长超过 2 900 km,雨水管道均以就近排入水体的原则设置,有内河的地方就近排入内河,沿江无内河的区域则排入瓯江。总体排水布局如图 1 所示。

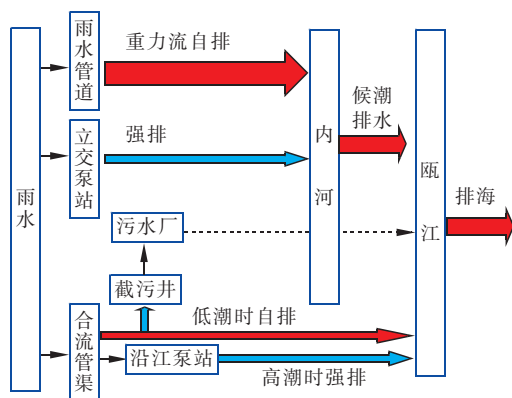


图1 温州市中心城区排水格局

Fig.1 Drainage pattern of Wenzhou urban area

## 2 沿海平原河网城市排水防涝问题及分析

### 2.1 规划河道控制水位过高,导致排水困难

城市排水安全不仅取决于排水系统的排水能力,还在相当程度上取决于排放水体的水位控制<sup>[1]</sup>。地面标高与规划河道水位的高差过小是温州市排水防涝系统提标主要的难点之一。根据温州市防洪规划中关于内河规划控制水位的计算,市区内河在规划除涝标准(50 年一遇)下的水位普遍过高,大部分区域的内河规划控制水位仅低于地块地面标高 0.2~0.3 m,甚至有些地方内河规划控制水位高于地面标高。在以重力自排为主的排放方式下,两者的高差过小,地块的排水就非常困难。

温州位于瓯江的下游入海口,而瓯江为感潮河流。目前温州市内河的水位控制主要依靠内河通往瓯江的闸门进行调节,尚缺少泵站强排等有效控制

措施。因此在高潮位顶托的不利情况下难以有效控制内河水位。同时受限于内河通航、景观、灌溉等水位的多重控制要求,以及考虑到河道两侧驳岸的安全,难以在降雨前过多地预降内河水位,这也进一步增加了极端暴雨下的排水难度。

### 2.2 现有雨水管渠标准偏低,全面提标翻排难度大

温州市现有雨水排水管网的设计标准普遍偏低,2014 年及之前建成的管道绝大部分标准在 1 年一遇及以下,甚至相当部分管道在 0.5 年一遇以下。近年来新建区提高了设计标准,大部分为 1~3 年一遇,但占比相对有限。笔者在 2014 年采用推理公式并结合 InfoWorks ICM 排水管网模型模拟方法,对温州市中心城区进行了现状管网的排水能力评估。根据评估结果,现状超过 94% 的管道排水能力低于 1 年一遇。对于中心城区建成区,不可能对现有雨水管渠按照规划标准进行全面翻排,这也是城区排水防涝需要面对的现实难点。

### 2.3 雨水排放口分散,初期雨水污染控制难

温州市区河网密布,分散就近重力自排的方式导致雨水管道的排放距离基本都不长,大部分在 500~800 m 之间,最长的约 1 000 m。分散的排放方式决定了区域内的雨水排放口数量很多,往往 1 km<sup>2</sup> 大小的区块内雨水排放口的数量就达 12 个以上。雨水排放口的过于分散,在进行初期雨水污染控制时,会引起截污工程涉及面广、工程量大、实施难度大、实施效果难以保障等问题。

### 2.4 排水及除涝标准匹配与协调难度高

由于历史原因,市政雨水排水和水利区域除涝标准差异较大,其衔接在工程界和学术界都存在一定争议。根据《室外排水设计规范》(GB 50014—2006,2016 年版),温州属于大城市,内涝防治设计重现期不应低于 30 年一遇。在此标准下,如何确定与之相协调、匹配的水利区域除涝标准非常关键。如果一味保守地采用“市政高标+水利高标”的衔接策略,势必会大大增加工程建设及投资规模,造成不必要的浪费。但如果采用“市政高标+水利低标”或者“市政低标+水利高标”的衔接策略,前者会造成市政高标实际排水能力受限而难以发挥应有效果,后者则会达不到排水系统提标的目的且造成水利设施工程投资的浪费。因此,应当根据实际情况,权衡多种相关因素,选择相匹配和协调的排水及除涝标准。尤其是市政排水的内涝防治标准与水利

除涝标准衔接时,本身较高标准对较高标准,更应当合理衔接,避免投资浪费。

## 2.5 极端气象灾害时有发生

温州总体地形三面环山,一面临海,地势从西南向东北呈梯形倾斜,地形特征导致城区较易同时面临潮水和山洪的威胁。而温州历来又是台风、暴雨的多发之地,在极端气候条件下,尤其是风、暴、潮、洪四碰头的情况下,势必会引起对城区排水防涝的严峻威胁。根据《温州市城市总体规划(2003—2020年)(2017年修订)》,温州市的城市性质为国家历史文化名城,东南沿海重要的商贸城市和区域中心城市。因此,应当建立与温州市城市定位相匹配的排水防灾减灾体系,并充分考虑灾害性气候变化下的城市安全保障。

## 2.6 积水点治理难度大

积水点向来是城市排水防涝工作中的“牛皮

癣”,很难根治且呈动态变化。对于积水点的治理策略、方案和成效既是城市市政管理水平的重要体现,也直接关系到城市防汛安全和广大人民群众的根本利益。根据历年来温州市内涝的统计资料,温州市中心城区最为典型的内涝频发区域包括以下穿铁路桥为代表的低洼路段和以老城区为代表的低洼地区两大类。据不完全统计,2013年强台风“菲特”登陆期间,温州市共处置积水点180处,其中下穿铁路、公路桥涵段低洼点积水7处,主要交通道路积水168处,区域性积水5处。由此可见,温州城区积水点问题同样较为突出,需要重点关注、长效投入、持续改善、逐步消灭。

## 3 应对策略及技术对策

### 3.1 系统应对策略

作为沿海平原河网城市,温州市中心城区排水防涝典型问题的系统应对策略如图2所示。

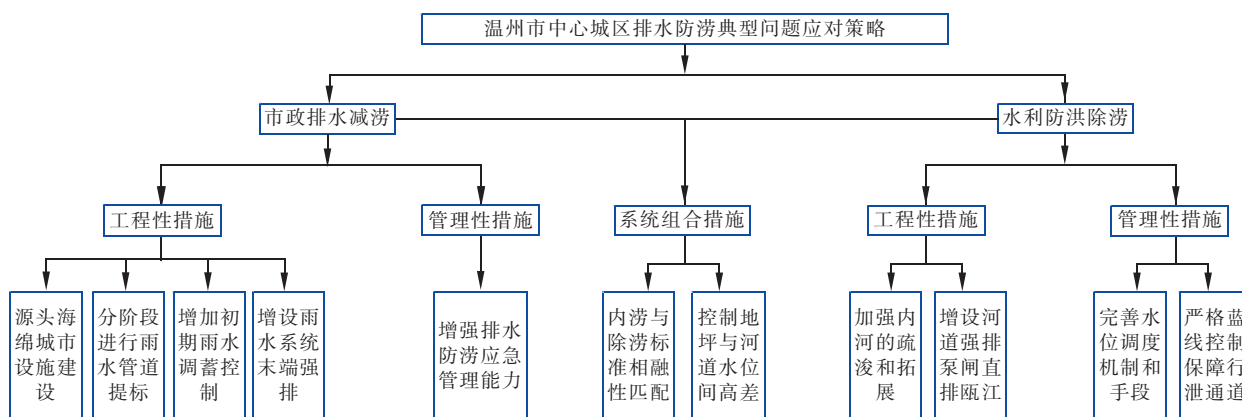


图2 温州市中心城区排水防涝典型问题应对策略

Fig. 2 Coping strategies for drainage and waterlogging prevention in Wenzhou urban area

### 3.2 内涝与除涝标准的衔接匹配

近年来,对于传统上城市排水标准与除涝标准的不兼容、不匹配的问题,部分专家和学者已经做了一些有益的研究和探索。然而,对于内涝标准与除涝标准的衔接与匹配,目前仍鲜有涉及。结合排水标准与水利标准相融的衔接思路<sup>[2]</sup>,基于温州市实际情况深入分析,并与水利相关部门多次对接,根据计算结果、统计数据及 InfoWorks ICM 模型模拟情况,对内涝标准与除涝标准进行针对性相融关系匹配,最终确定二者的衔接关系。

根据计算结果和统计数据,温州市东片、中西片除涝50年一遇72h长历时暴雨中最大3h降雨量为180.7~182.1mm,而市政内涝30年一遇3h短

历时降雨量为185.9mm,二者基本匹配,能够满足内涝防治标准与除涝标准的相融关系,两个标准可以有效衔接。在此基础上,采用 MIKE 11 模型按50年一遇的除涝标准进行河网水力模拟,可获得与市政内涝30年一遇短历时暴雨相对应的河道水位过程线。内涝风险评估模拟时的边界水位过程线即采用上述获得的相应内河代表点的河网水力模拟的水位过程线,保证了模型模拟边界条件的准确性及合理性。

上述针对内涝与除涝部分标准的相融性匹配,可为确定恰当的内河控制水位及内涝防治设施规模提供重要依据,并为内涝防治设施进一步的规划设计及效果评估提供可靠参考。



### 3.3 内河规划控制水位偏高的应对策略

#### 3.3.1 控制地坪标高与内河控制水位的高差

现状地坪标高与河道规划控制水位的高差过小是影响温州市排水防涝安全的焦点问题之一。经综合分析,建议多途径、多措施并进,控制地坪标高与河道水位的安全高差,以提高排水安全性。

① 新建城区按照内河的规划控制水位进行城市地坪标高的控制,确保地坪标高高于河道规划控制水位0.5 m以上。

② 旧城区根据更新改造的建设进度安排,逐步提高地面标高至规划控制水位0.5 m以上。

③ 在河道拓宽或疏浚时同步进行河道驳岸改造,在大雨或台风来临前加大河道水位的预降幅度。

④ 近期可选择适宜的地区建设内河强排泵站示范工程,远期建议根据建设条件,在内河与瓯江连接的水闸处逐步有选择性地增设强排泵站,增强极端气象条件下内涝灾害的应对能力。

#### 3.3.2 内河的疏浚和拓展

按照温州市相关防洪规划的要求,参照“上蓄、中疏、下排、外挡”的要求进行内河的疏浚和拓展。具体的工程措施包括新建水闸、新挖河道、疏浚河道、打开瓶颈、开辟通道、沟通水系等。对城区内部主要的行洪河道、蓄水河道进行拓宽、清淤及整治,清理拆除蓝线范围内违规建设的阻水建(构)筑物,确保排涝通道的畅通无阻。

### 3.4 城区排水系统提标对策

#### 3.4.1 分步骤分阶段地进行雨水管道的提标

针对城区的新建区域,如七都片区、仙岩丽岙片、东片滨海新区以及其他区块的新开发区域,新建雨水管道应按最新规划标准进行设计和建设。对于旧城区,则可结合旧城更新改造或道路拓宽改造等工程,分步分阶段地进行翻排改造,避免管道集中翻排给城市建成区交通等带来过大的不利影响。同时,近期可选择部分有代表性的区域进行管道提标改建,作为后续分阶段提标改建的工程示范。

#### 3.4.2 增设雨水系统的末端强排

对于局部河网较少、水系不发达、自排困难的区域,可考虑增设雨水泵站进行末端强排。根据实际条件,建议选定鹿城中心片的旧城区作为强排区域,增设泵站将雨水直接排放至瓯江。

### 3.5 积水点的应对措施

不同的积水点产生原因各不相同,在解决时既

要“系统着手、分门别类”,又要“因地制宜、精准贴身”。积水点改造的主要措施和途径如下:

① 对于地势低洼的道路和小区,应当结合区域更新改造及道路建设计划,有规划、有步骤地进行改造。近期没有条件改造的,应当配套应急排水设施设备,确保在发生内涝积水时能够及时有效地处理处置,降低损失。

② 对于地势低洼的下立交,尤其是多次发生内涝灾害的下立交,应当追根溯源并针对性改造。部分由于未建设驼峰等而难以实现高低水分流的下立交,应当尽快进行改造,确保下立交的汇水范围可控且有限,保证高水高排、低水低排且互不连通<sup>[3]</sup>。对于建设时间较长、标准偏低、设备老化、配电间地势低洼易受淹而断电的下立交泵站,应当尽快进行提标改造,确保泵站稳定、有效地发挥排水能力。

③ 对于排水能力不足的区域和地区,应根据建设计划逐步进行提标改造。例如对于排放口淤积、局部破损等管道,应尽快进行改造。对于整体管网设计标准偏低的区域,则应分步骤分阶段进行系统提标,并在具备条件的地区积极推进海绵设施建设。

④ 由于运行管理、维护等原因造成的内涝积水,应进一步加强对排水系统日常管理养护和应急管理调度的重视力度和投入力度,健全相关规章制度,确保气象灾害天气中抢险救灾工作的顺利开展。

### 3.6 初期雨水径流污染的控制策略

#### 3.6.1 增设源头径流污染控制

以海绵城市的相关政策法规为指导,秉持低影响开发理念,分步推进,逐步控制和削减源头的雨水径流量。新建城区需严格依据相关政策及规划进行开发建设,旧城区则需要结合更新改造计划分步分阶段地进行。通过源头、分散的海绵设施可控制和削减雨水径流量与洪峰流量,减少排入河道的初期雨水污染,改善城市水环境。

#### 3.6.2 增设初期雨水调蓄

根据《城镇雨水调蓄工程技术规范》(GB 51174—2017),用于控制径流污染的调蓄池一般设置在管渠系统的末端,用以暂时储存合流污水或初期雨水。由于温州市的自排雨水排放口过于分散,不成系统,难以设置系统调蓄池。而设置分散的调蓄池一方面数量过多,另一方面选址用地困难较大。根据温州市实际情况,对于新建城区、旧城改造区域等,宜结合地块的开发建设,统筹协调雨水系统规划

设计方案,建设调蓄设施。而对于现状城市建成区,则可考虑选择毗邻公园绿地的区域,利用公园绿地的地下空间设置初雨调蓄池,并结合周边地区适当的雨水管网改造,控制初期雨水污染。

### 3.7 极端气象灾害的应对措施

① 对于城区除涝系统,应结合瓯江每日的潮汐变化,有效利用低潮位下的排水时间,提升排水效果,着力降低内河河道水位;同时充分利用上游水库、湿地及规划低地的蓄水能力,增强雨水调蓄。远期可针对具备条件的河道,建设水利强排泵站直排瓯江,丰富水位调控手段,提高内河水位控制能力,进而增强针对超标暴雨的应对能力。

② 对于城区排水系统,一方面应结合道路建设和区域开发/改造不断提升排水管渠的设计重现期,增强排水能力;同时应有效利用强排片区及下立交等关键区域的雨水泵站,结合移动式强排泵车或水泵,确保城区重点区域和关键交通节点的畅通,并在降雨停止后尽快排除积水。

③ 增强排水防涝应急管理能力和措施。具体措施包括建立详细科学的管理调度预案,培养经验丰富的管理调度指挥团队,组建训练有素的应急抢险队伍,并配备专业可靠的应急抢险设施设备等<sup>[4]</sup>。

④ 在城市规划和建设中严格落实对竖向标高的控制,尤其是道路、小区和绿化标高的控制。结合新城建设、旧城更新改造等,按照城市竖向控制相关规划,严格把控、分期实施。道路横向和纵向标高都应优化设计,同时道路纵向坡度应考虑沿沿途河道倾斜,以便雨水尽快、顺畅排除。小区和绿地应优先考虑下凹绿地、雨水花园、植草沟等源头控制措施。

## 4 结语

沿海平原河网城市具有地势低平、河网交错、内河水位易受外潮影响等特征,其排水防涝存在一系列典型问题,如河道规划控制水位过高导致排水困难、现有雨水管渠标准普遍偏低、雨水排放口过于分散、排水及除涝标准不匹配与不协调、极端气象灾害时有发生、积水点治理难度大等。研究认为应当针对具体问题,分门别类、追根溯源,并结合城市开发和旧城更新改造,有计划有步骤地进行解决。本研究可为沿海平原河网城市排水防涝提供参考借鉴。

致谢:感谢温州市规划局、温州市排水公司、温州市城建设计院、温州市水利电力勘测设计院等单位在数据收集和现场调研等方面提供的帮助。

## 参考文献:

- [1] 梁小光,王盼,吕永鹏,等. 内河水位对管网系统排水能力的影响模拟[J]. 城市道桥与防洪,2014(11): 11-14.  
Liang Xiaoguang, Wang Pan, Lü Yongpeng, et al. Impact simulation of inland water level on drainage capacity of pipeline network [J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2014(11): 11-14 (in Chinese).
- [2] 贾卫红,李琼芳. 上海市排水标准与除涝标准衔接研究[J]. 中国给水排水,2015,31(15):122-126.  
Jia Weihong, Li Qiongfang. Study on linkage between drainage standards and waterlogging control standards in Shanghai [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(15): 122-126 (in Chinese).
- [3] 张辰,吕永鹏,邹伟国,等. 下穿式立交交叉道路排水防涝设计的若干思考[J]. 城市道桥与防洪,2014(11):5-7.  
Zhang Chen, Lü Yongpeng, Zou Weiguo, et al. Some thoughts to design of drainage and waterlogging prevention for underpassing interchanges [J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2014(11): 5-7 (in Chinese).
- [4] 汉京超,俞士静,吕永鹏. 城市排水防涝的管理性措施研究[J]. 城市道桥与防洪,2014(11):22-25.  
Han Jingchao, Yu Shijing, Lü Yongpeng. Study of management measures for urban flood drainage [J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2014(11): 22-25 (in Chinese).



作者简介:汉京超(1986—),男,山东日照人,博士,高级工程师,主要从事城市雨洪管理及排水工程规划设计工作,在国内外核心期刊发表文章30篇。

E-mail: hanjingchao@smedi.com

收稿日期:2019-05-13