

# 市政雨水管入河道工程防洪评价分析

包璐华<sup>1</sup>, 樊佳男<sup>2</sup>, 耿浩杰<sup>3</sup>, 王 强<sup>3</sup>, 柏 军<sup>3</sup>, 江 杉<sup>3</sup>

(1. 常州市城市防洪工程管理处, 江苏 常州 213000; 2. 常州市武进水利工程有限公司, 江苏 常州 213000;

3. 常州市水利规划设计院有限公司, 江苏 常州 213000)

**摘要:**为加强城市洪涝风险管理,对建设项目所涉江河、湖泊水域防洪排涝可能产生的影响开展防洪影响评价工作,其中包括对于城市化基础建设配套市政雨水管入河道工程。防洪评价分析和计算是建设项目防洪评价报告的核心内容,依据相关防洪评价技术标准及要求,对市政雨水管入河道工程项目进行分析计算。河道行洪能力、排涝影响分析及河道堤防冲刷深度,可以按照片区排水、排涝两个过程进行分析计算,管网排水标准暴雨重现期按照规范标准,片区排涝标准应与地方防洪规划一致,河道冲刷不仅计算冲刷深度还要进行消能防冲计算。

**关键词:**防洪评价; 市政雨水管; 行洪能力; 稳定分析

中图分类号:TV87

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2022)11-0066-0004

## Analysis on flood control evaluation of municipal rainwater pipe into the river project

BAO Luhua<sup>1</sup>, FAN Jianan<sup>2</sup>, GENG Haojie<sup>3</sup>, WANG Qiang<sup>3</sup>, BAI Jun<sup>3</sup>, JIANG Shan<sup>3</sup>

(1. Changzhou Flood Control Engineering Management Office, Changzhou 213000, China;

2. Changzhou Wujin Hydraulic Engineering Co., Ltd., Changzhou 213000, China;

3. Changzhou Water Conservancy Planning and Design Institute, Co., Ltd., Changzhou 213000, China)

**Abstract:** In order to strengthen urban flood risk management, flood control impact assessment should be carried out on the possible impact of the construction project on flood control and drainage of the rivers and lakes involved, including the municipal rainwater pipe into the river project for urban infrastructure construction. Flood control evaluation analysis and calculation are the core content of flood control evaluation report of construction projects. According to the relevant flood control evaluation technical standards, laws and regulations, the hydrological analysis and calculation of the municipal rainwater pipe into the river project. River flooding capacity, flooding impact analysis and river embankment scour depth, can be analyzed and calculated in accordance with the two processes of area drainage and flooding, pipe network drainage standards storm re-occurrence period in accordance with the normative standards, area drainage standards should be consistent with the local flood control planning, river scour not only calculate the scour depth but also energy dissipation and anti-scour calculation.

**Key words:** flood control evaluation; municipal rainwater pipe; flood discharge capacity; stability analysis

收稿日期: 2022-08-18

作者简介: 包璐华(1988—),女,工程师,本科,主要从事防洪工程运行管理工作。E-mail:707597042@qq.com

## 1 概述

随着经济社会快速发展,常州城市化水平也在不断提高,城市建设规模快速增大,而城市区域自然调蓄功能有所减弱,排水系统越来越复杂。在城市化进程中,由于城镇基础设施的建设导致硬化地面面积增加,改变了产汇流下垫面性质,地面的降水径流量增加,部分市政排水管网与河网布局未能有效衔接,城区现状排水系统标准不高,排涝或雨水泵站设施老化等问题,是造成城市内涝的重要原因之一<sup>[1-3]</sup>。

为加强城市洪涝风险管理,依据相关要求,应当就建设项目对所涉江河、湖泊水域防洪排涝可能产生的影响开展防洪影响评价工作。建设项目是指河道管理范围内新建、扩建、改建的跨河、穿堤、临河桥梁、道路、管道、排水等工程,其中包括对于城市化基础建设配套市政雨水管入河道工程,而防洪评价分析和计算是建设项目防洪评价报告的核心内容,直接决定防洪影响综合评价的结果分析。本文在收集水文、气象、施工图相关资料基础上,依据相关防洪评价技术标准及规范<sup>[4]</sup>,对市政雨水管入河道工程项目进行水文分析计算、河道行洪能力、排涝影响分析、河道堤防冲刷深度计算以及河势稳定分析等<sup>[5]</sup>。

## 2 工程建设基本情况

研究项目为常州市天宁区青龙街道竹林北路一期建设工程,位于常州市天宁区教育小镇南侧,为改善地区市政基础设施条件,保证教育小镇降水的顺利排出,实施配套雨水工程。本段雨水工程位于青龙美吉特一期东侧,沿华阳西路开挖施工,经华阳西路、华阳路最终往南排入同心河。雨水管出水口直径为1 650 cm,采用混凝土预制平口管。雨水管线出水口管底标高为1.9 m与河底持平,管顶标高为3.55 m,端墙压顶标高为4.762 m,本段雨水管线出水口设置在同心河中段驳岸内。

同心河位于常州市南部,属太湖流域湖区水系,西起横塘河,东入丁塘港,全长约2.7 km,隶属天宁区青龙街道,是以排水为主的县域河道,河道等级为7级。同心河上游为横塘河,下游为丁塘港,同心河片的汇水流量通过同心河泵站向丁塘港排出,同心河泵站设计流量为6 m<sup>3</sup>/s。河最高控制水位3.8 m,最低控制水位3.3 m,现状河口平均宽约20.0 m,河底宽约15.0 m,河底高程1.5 m。

## 3 防洪评价分析计算

### 3.1 市政雨水管过流能力

#### 3.1.1 管网设计降水强度

根据《室外排水设计规范》,市政管网按照重现期3 a标准,结合当地实际情况,常州市城乡建设局2013年发布的常州市暴雨强度修订公式为

$$i = \frac{134.5106(1 + 0.4787 \lg T_m)}{(t + 32.0692)^{1.1947}} \quad (1)$$

式中: $i$ 为降水强度,mm/min; $T_m$ 为重现期,a; $t$ 为降水历时,一般取60 min。

根据式(1),计算得重现期3 a的60 min降水强度为44.6 mm<sup>[6]</sup>。

#### 3.1.2 管道设计流量

根据《室外排水设计规范》,当汇水面积不超过2 km<sup>2</sup>时,可采取推理公式法计算雨水设计流量。推理公式法是我国目前城镇排水工程设计中应用最广的雨水径流计算方法,具有公式简明和需要参数少等优点,主要适用于较小规模排水系统,计算公式为

$$Q_s = q\psi F \quad (2)$$

式中: $Q_s$ 为雨水设计流量,L/s; $q$ 为设计暴雨强度,L/(s·hm<sup>2</sup>); $\psi$ 为径流系数; $F$ 为汇水面积,hm<sup>2</sup>。

经测量可知汇雨面积为0.3 km<sup>2</sup>,综合径流系数根据《室外排水设计规范》和《常州市城市防洪规划报告(2017—2035年)》取0.65,计算得最大洪峰流量为9 366 m<sup>3</sup>/h,即2.60 m<sup>3</sup>/s。

#### 3.1.3 排水管道流量

排水管道流量的计算式为

$$Q = Av \quad (3)$$

式中: $Q$ 为设计流量,m<sup>3</sup>/s; $A$ 为水流有效断面面积,m<sup>2</sup>; $v$ 为流速,m/s。

#### 3.1.4 管道过流能力复核

结计算,管道设计流量为2.60 m<sup>3</sup>/s,设计管道能够排出的流量为2.68 m<sup>3</sup>/s,因此设计管道排水大于设计流量。

### 3.2 防涝设计流量计算

#### 3.2.1 防洪水位

根据《常州市城市防洪规划报告》,运北片防洪标准重现期为200 a,防洪设计水位5.95 m(外河),本次新建出水口所涉及同心河属于常州市城市防洪运北片大包围三级内河,防洪大包围范围内按照重现期20 a最大24 h降雨产汇流与抽排量综合平衡计算确定。

### 3.2.2 设计雨型

根据常州站有连续记载的历年最大12 h和最大24 h统计的降水资料分析,其中最大12 h降水量最大年份为1970年,最大24 h降水量较大的年份为1974年、1991年、2003年、2007年以及2015年等。

通过综合分析比较,1991年雨型最大24 h暴雨过程在19时至24时内雨量集中,雨型较为不利,最大1 h雨量之后时段的雨量仍然较大,最大24 h雨量接近设计标准,同频率缩放后变形较小。综合分析,本次排涝设计雨型选用1991年7月1日6时至7月2日6时的实况降水过程为典型过程,采用20年一遇最大1 h同频率缩放控制,常州市区60 min排涝设计降雨强度为58.2 mm<sup>[6]</sup>。

### 3.2.3 排涝流量

根据同心河泵站的水位控制情况,同心河启排水位3.5 m,预降水位3.3 m,控制最高水位3.8 m,调蓄水位为0.5 m。

同心河片区原排涝区域为1.70 km<sup>2</sup>,新增0.13 km<sup>2</sup>,共计1.83 km<sup>2</sup>。片区原排涝模数为2.31 m<sup>3</sup>/(s·km<sup>2</sup>),排涝流量为3.93 m<sup>3</sup>/s,新增区域排涝模数为11.46 m<sup>3</sup>/(s·km<sup>2</sup>),排涝流量1.49 m<sup>3</sup>/s,共计5.42 m<sup>3</sup>/s。因此,同心河片区的设计排涝流量满足同心河泵站的规划排涝能力。

### 3.3 项目河道过流能力

曼宁公式反映了水流与河床内部各因素间的相互关系,根据曼宁公式可计算出河道最大过水流量,计算式为

$$Q=AC\sqrt{RJ} \quad (4)$$

式中: $Q$ 为流量,m<sup>3</sup>/s; $A$ 为过水断面面积,m<sup>2</sup>; $C$ 为谢才系数; $R$ 为水力半径,m; $J$ 为水力梯度,‰。

根据《常州市市区水系规划》(2016版)和现场实测,本项目同心河河口宽为20 m,底宽10 m,底高1.0 m,该段河道糙率取0.025,水力梯度为0.1‰,由曼宁公式计算河道过水能力,同心河项目段最大过水流量16.74 m<sup>3</sup>/s。

### 3.4 堤防与岸坡稳定分析计算

#### 3.4.1 计算方法

根据《堤防工程设计规范》和《水利水电工程边坡设计规范》,本次采用瑞典圆弧滑动法<sup>[7]</sup>对河道岸坡进行抗滑稳定复核分析,水位降落期、建设期采用总应力法<sup>[8]</sup>。

#### 3.4.2 计算工况

本次河道岸坡抗滑稳定复核计算分为建设期工况和运行期工况,雨水出水口处河道地质指标采用常州市2008年清水工程水利治理建设项目同心河整治工程勘测报告。

出水口附近处地基土工程特性指标代表值为:建设期工况,墙前河道水位1.0 m(干塘),墙后地下水位3.8 m;运行期工况,墙前河道水位为汛期多年平均常水位3.5 m,墙后地下水位3.8 m。

#### 3.4.3 计算结果

河道堤岸工程级别为5级,正常运行条件下抗滑稳定安全系数 $K \geq 1.10$ ,非正常运行条件下抗滑稳定安全系数 $K \geq 1.05$ 。河道岸坡稳定分析计算结果见表1。

表1 河道岸坡稳定分析计算结果

河道名称		工况	水位组合/m		抗滑安全系数	
			墙前	墙后	$K_{\min}$	$[K]$
同心河	非常运用条件	建设期	1.0	3.8	1.17	1.05
	正常运用条件	运行期	3.5	3.8	1.80	1.10

岸坡稳定复核表明,复核计算的河道岸坡抗滑稳定性满足《堤防工程设计规范》和《水利水电工程边坡设计规范》要求。

### 3.5 河道冲刷分析

出水口建成后,河道因为水流对冲和流速会对驳岸及河底形成冲刷。随着河道河床冲刷加深,过水断面面积加大,河道流速也降低至允许不冲刷流

速时,达到新的输沙平衡状态冲刷即停止<sup>[9]</sup>。

#### 3.5.1 消能防冲计算

出水口处最大冲刷深度和冲刷长度按《水闸设计规范》中的消力池深度计算公式和长度计算公式计算,以分析新建出水口在最高控制水位工况下现状河道的冲刷。经计算,正常水深大于跃后水深,因此跃后水深和正常水深之间差值小于0,所以不

需要设置消力池。河道底部为黏性土质,依据《灌溉与排水工程设计标准》,得出黏性土不冲流速为 $0.8\sim 1.0\text{ m/s}$ ,因此河底需要设置局部护底加固。

### 3.5.2 堤防冲刷计算

建设项目雨水管出水口处河床表层主要为黏性土,故河道堤防冲刷采用该层土壤特性指数进行计算。参照《堤防工程设计规范》中的顺坝及平顺护岸冲刷深度计算公式,计算顺直河道的水面以下冲刷深度。本项目雨水管出水口与河道几乎垂直,近岸垂线平均流速采用行近流速的1.5倍,同心河堤岸型式为直墙式堤时取最大值。经计算分析可知,本项目在雨水管出水口处对河道堤防产生的冲刷,水位高程为3.3 m时,冲刷水深1.4 m,局部冲刷深度0.04 m。

### 3.5.3 计算结果分析

根据冲刷计算成果,建议新建出水口段河底增设局部护底加固,加固范围为沿出水口驳岸5 m以及垂直出水口6 m的范围。

本结果是根据经验公式计算而得,而在实际情况中,河床冲刷过程复杂,影响河床冲刷深度的因素有很多。用冲刷公式计算的结果,仅反映洪峰时的瞬时冲刷幅度,不能反映整个洪水过程中的冲淤变化<sup>[10]</sup>。施工期因为出水口工程还没有正式运行,所以不会对河道进行冲刷。考虑到存在一定的局部冲刷,本项目雨水管工程应增加对出水口河底的局部护底加固,不会对河势稳定造成影响。

## 4 结 语

市政雨水管工程防洪评价分析计算,可以按照片区排水、排涝过程进行,这有利于分别计算确定片区排水和排涝工程的标准、规模及影响程度。

片区市政管网排水标准暴雨重现期按照《室外排水设计规范》有关雨水管渠设计重现期规定(3 a),流量计算采用短历时暴雨强度公式法。片区排涝

标准暴雨重现期一般采用长历时(20 a)且与地方防洪规划一致,排涝流量计算采用长历时(24 h)暴雨排涝模数排除法。二者在计算上采用历时标准不同,具有大致的对应关系。

市政雨水管入河道工程冲刷计算,不仅要按照《堤防工程设计规范》中的顺坝及平顺护岸冲刷深度计算公式,计算河道的水面以下冲刷深度,而且要对雨水管出水口处最大冲刷深度和冲刷长度按《水闸设计规范》中的消能防冲计算,充分考虑雨水管入河对河道和堤防产生的冲刷影响。

### 参考文献:

- [1] 李雯,姜仁贵,解建仓,等. 基于系统动力学的城市内涝灾害应急管理模型[J]. 水资源保护,2022,38(5):51-57.
- [2] 冯钧,王云峰,邬炜,等. 城市内涝事理图谱构建方法及应用[J]. 河海大学学报(自然科学版),2020,48(6):479-487.
- [3] 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.
- [4] 刘曾美,熊腮敏,雷勇,等. 城镇内涝防治中市政排水与水利排涝的标准衔接研究[J]. 水资源保护,2022,38(1):125-132.
- [5] 陈彩虹,刘卉芳,杨玉生,等. 道路工程雨水管道入河防洪评价[J]. 水利规划与设计,2019(5):54-56.
- [6] 郭佳香. 海绵城市理念及在城市除涝规划中的应用[D]. 扬州:扬州大学,2017.
- [7] 岳金刚. 同马大堤巨网段堤防滑坡成因分析及处理对策[J]. 江淮水利科技,2016(3):17-18.
- [8] 于金源. 辽西北地区蜂格护坡堤防加固措施研究[J]. 水利技术监督,2021(5):143-145.
- [9] 唐科屹. 堤防工程基础冲刷深度计算与护坦抗冲运用[J]. 工程技术研究,2018(16):221-222.
- [10] 贺斌乐. 渭河下游穿河管道埋设深度的计算方法探讨[J]. 甘肃农业,2007(11):75-76.