

山地城市市政基础设施内涝风险识别及防治能力评估

陈怡汀¹, 祝飞², 周倩倩², 毕生兰², 徐浩¹, 李蕊言¹, 陈圆¹

(1.重庆市市政设计研究院有限公司, 重庆市 400020; 2.重庆市城镇排水事务中心, 重庆市 400014)

摘要:以立交下穿道、轨道交通、隧道3类市政基础设施为研究对象,分析总结山地城市市政基础设施的致涝因子,结合重庆市中心城区历史积水情况,运用现场调查、文献调研等多种风险分析方法,构建了山地城市重要市政基础设施内涝防治能力3级评估方法,旨在快速评估位于低洼区域的重要市政基础设施内涝防治能力,为后续内涝积水整改工作提供技术与数据支撑。针对高风险设施采用水力模型法校核内涝风险,中风险设施采用推理公式法校核,低风险设施无需校核。

关键词:山地城市;市政设施;内涝风险;快速评估;校核

中图分类号:TV87

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2023)12-0104-04

0 引言

受季风气候影响,城市降水存在时序分配不平衡和空间分布不均衡等问题,部分城市洪涝灾害易发多发,侵害了居民的人身安全,严重影响了城市的稳定运行。如2021年河南郑州“7·20”特大暴雨期间,地铁和隧道被淹所造成的重大人员伤亡事件,引起了社会广泛关注^[1]。

2021年4月,国务院办公厅印发《关于加强城市内涝治理的实施意见》,明确了到2025年,各城市因地制宜基本形成“源头减排、管网排放、蓄排并举、超标应急”的城市排水防涝工程体系,排水防涝能力显著提升^[2]。2021年6月,重庆市人民政府印发了《重庆市城市更新管理办法》,提出城市更新的主要内容包括完善安全功能、增强防灾减灾能力^[3]。

本文以受地势不利影响的山地城市典型重要市政基础设施为研究对象,探索一套指标明确、操作简单的评估体系方法,为后续快速评估内涝风险及内涝防治能力提供技术支撑,指导市政基础设施内涝防治能力提升工作的分类分批次开展。

1 现状问题梳理及必要性阐述

重庆市中心城区具有独特的山地城市特征,其内涝风险特征与平原城市有较大区别,主要体现为整体内涝风险较低,但局部风险较高。近年统计数据

表明,重庆市中心城区积水易涝点多达239个,且其中97个积水易涝点位于立交下穿道、地下轨道、隧道等城市重要市政基础设施区域。由此可知重庆市中心城区部分市政基础设施存在内涝应对能力不足、原设计重现期不满足现行内涝防治要求等问题。市政基础设施作为城市运行的重要节点,强降雨条件下的功能缺失将直接影响城市正常运行,因此开展针对市政基础设施内涝防治能力的评估势在必行。

本文将根据主城区现状基础设施内涝致灾因素分析,结合山地城市内涝形成机制,构建一套涵盖立交下穿道、轨道交通和隧道的指标明确、科学合理、操作简单的市政基础设施内涝防治能力的评估方法。

2 内涝风险识别

内涝成因与地理环境、人文气候等环境因素有密切联系,本文总结整理了立交下穿道、轨道交通、隧道3类市政基础设施的致涝因子。

2.1 立交下穿道

立交下穿道是一种立体交叉道路,通过纵断面空间错位使相交行驶车辆各行其道,提高通行效率。然而,由于高程上的不利条件,立交下穿道在排水方面存在局限性,在遭遇暴雨天气时,易产生积滞水,对行车安全和人民生命财产造成巨大隐患。《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)规定,立交下穿道应设置独立的排水系统,防止积水倒灌^[4]。结合山地城市地形特征,本文认为立交下穿道面临的内涝风险主要有以下三点:

(1)高水高排系统

收稿日期:2023-05-26

作者简介:陈怡汀(1996—),女,硕士,助理工程师,从事市政工程设计工作。

未设置将导致上层路面雨水接入下层排水系统,增大下层管网的收水范围,加大内涝风险。

(2)道路坡度

立交下穿道坡度大于周边车道,雨水径流时间更短,雨水易在下穿道低洼点汇集形成积水内涝。

(3)排水管网能力

雨水收水能力不足或雨水管网排水能力不足,都将导致暴雨无法及时被收集并排至下游而积水内涝。

2.2 轨道交通

轨道交通作为城市重要公共交通设施,常修建于城市地面以下,由于车辆、隧道逃生空间的局限性和密闭性,一旦发生内涝积水倒灌,易造成重特大人员伤亡事件。《地铁设计规范》(GB 50157—2013)规定,地铁出入口必须高出周边道路 300~450 mm^[5]。结合山地城市地形特征,本文认为轨道交通面临的内涝风险主要有以下两点:

(1)地面积水倒灌

在道路、地块高点,按高出室外地面 300~450 mm 进行设计或可满足防涝要求,但在其低点,地面积水深度可能超过 450 mm,加之重庆山地城市地面高差起伏特点,地面积水倒灌风险大。

(2)敞开出入口

轨道站的车站出入口、风亭风井、中间竖井等位置若为露天敞开修建的,则雨水可直接进入站内,在汛期风险更高。

2.3 隧道

重庆作为山地城市,中心城区地势复杂多变、山

体数量多,为了疏通城市各区域,在城区内修建了多条隧道,目前已建成 22 座特长穿山隧道,在建隧道 7 条。遭遇突发强降雨时,隧道可能由于排水不及时而形成积水,还存在着山洪下泄风险。结合山地城市地形特征,本文认为隧道面临的内涝风险主要有以下两点:

(1)山洪入侵

隧道周边山体在暴雨来袭时存在山洪下泄风险,下泄的泥浆水会堵塞雨水篦子,影响雨水系统排水能力,造成隧道积水。

(2)隧道两端进水

超强降雨时的雨水径流量可能超过隧道雨水管网的排水能力,加之隧道上方山体存在山洪下泄的可能性,加大了隧道排水系统的负荷,两端积水可能内流。

3 内涝防治能力评估

3.1 内涝风险等级划分

综合考虑立交下穿道、轨道交通、隧道类市政基础设施致涝因子,结合重庆市中心城区历史积水情况,本研究耦合现场调查、文献调研等多种方法,构建一套内涝风险评价方法,将中心城区市政基础设施的内涝风险等级划分为高、中、低三级,首先判断设施是否出现历史积水,如出现过历史积水则判断为高风险,采用水力模型法校核风险;若未出现则需按设施类别进一步判断风险。随后采用水力模型法、推理公式法校核评价结果的可靠性。具体风险判断标准及校核方法见图 1。

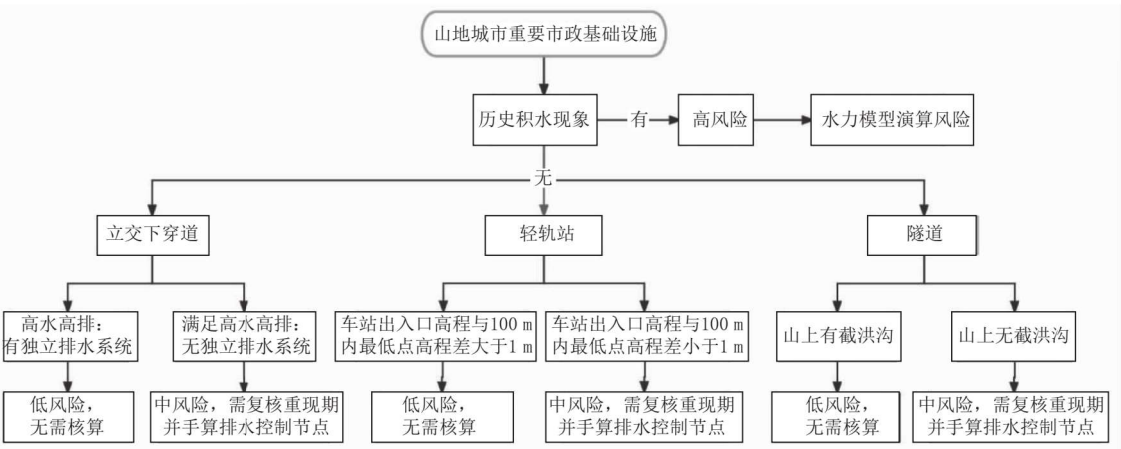


图 1 内涝风险分级标准及校核方式

3.2 设防标准调整

目前我国的设计重现期通常按城镇规模、设施类别等统一规定,具有便捷、高效等优点,但却缺乏

针对性,标准过低无法有效抵御内涝风险,标准过高将增加设计建造成本。内涝成因与地势地貌、服务范围等因素息息相关,充分考虑相关因素后针对性调

整设计重现期可提高城市抗灾能力、保护基础设施、减少经济损失、保障出行安全。目前,国内外已开展了一系列的相关研究,其中新加坡的案例于本文最具借鉴意义,见表2。

表2 新加坡的设计降雨重现期

管道服务的汇水区域面积	设计降雨重现期
小于 100 hm ² 的汇水区域	10
100~1 000 hm ² 的汇水区域	25
大于 1 000 hm ² 的汇水区域或关键措施	50
机场跑道或其他重要区域	100

2011年12月新加坡PUB对新加坡排水系统行事准则进行了修订,并发布了第六版,整部规范包含:规划要求、设计要求和保障雨水排水系统完整性三部分。在第六版中提高了设计降雨重现期标准,将最低设计降雨重现期提高至10 a一遇,并提出了按照管道服务的汇水区域面积进行分级^[6]。

结合重庆实际情况,本文建议在进行内涝防治能力评估前先调整设计重现期,可帮助客观了解基础设施的实际内涝防治能力。

3.2.1 雨水管渠设计重现期

结合重庆市内涝风险整体低、局部高的特征,市政基础设施面临的内涝风险主要与地形地貌有关,如上游汇水面积、高程差、坡道变化等因素。本文在现行排水标准基础上,结合潜在风险,对雨水管渠设计重现期提出调整建议,具体指标及建议见表3。

表3 风险因素影响下的管渠设计重现期建议

设施类型	风险因素	现行规范要求的设计重现期/a	风险因素影响的建议设计重现期/a
立交 下穿 道	1. 基础设施项目的上游面积大于1 km ² ;	30~50	50~100
轨道 交通	2. 设施所在地100 m范围内的高程最低点与设施高程差小于1 m;	中心城区重要地区5~10	10~20
	3. 基础设施处于变坡点附近(大坡度接小坡度);	中心城区3~5	
隧道	4. 排涝通道为大型箱涵,或项目内有山水、施工水等含泥沙水进入的	中心城区重要地区5~10	10~20
		中心城区3~5	

注:1.当存在任一风险因素时,建议设计重现期需提高一级;
2.参考的规范为《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)^[4]、《山地城市内涝防治技术标准》(DNJ50T-427—2022)^[7]。

3.2.2 内涝防治重现期

目前《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)规定超大城市内涝防治重现期为100 a^[4],能够满足城市防涝要求,本文认为不必要再提高内涝防治重现

期。

3.3 内涝防治能力校核方法

3.3.1 水力模型法校核

针对历史积水市政基础设施,考虑构建一维二维耦合水力模型对其内涝防治能力进行评估,通过水力模型对基础设施排水系统在不同重现期下运行状态进行模拟同时结合二维地形数据对基础设施点位积水淹没情况进行模拟,本文以水力模拟软件In-foWorks ICM为例,对校核方法进行说明。

(1)数据预处理及导入

结合管线探测资料,将管网节点编号、坐标、标高、管径等资料导入ICM,建立排水管网系统;划分汇水分区,设置雨水汇流参数和径流参数;检测高程数据,剔除错误数据,建立高程模型;根据暴雨强度公式建立降雨事件。

(2)子汇水区划分

采用泰森多边形法,按下垫面类型分类,将流域划分为平坦硬地、平坦绿地、陡峭硬地和陡峭绿地4类。

(3)设计降雨

分别选取10 a一遇和100 a一遇3 h降雨对管网设计重现期排水能力和强降雨下积水情况进行模拟。根据《重庆市暴雨强度修订公式与设计暴雨雨型》(2017版),结合项目位置选取对应暴雨强度公式。

(4)模型参数选取

a. 水文水动力模型的选择

产流模型采用固定径流系数法;汇流模型采用SWMM模型;管道计算模型采用圣维南方程组。

b. 径流系数的设定

按下垫面分类确定子汇水区的径流系数,具体见表4。

表4 不同下垫面径流系数设定

重现期	1-3 a	5 a	30 a	50 a
平坦硬地	0.73	0.77	0.86	0.90
平坦绿地	0.33	0.36	0.42	0.45
陡峭硬地	0.75	0.80	0.86	0.92
陡峭绿地	0.37	0.4	0.46	0.49

3.3.2 推理公式法校核

(1)雨水管渠设计重现期过流能力校核

本文参考《山地城市内涝防治技术标准》中推理公式法计算雨水管渠设计流量,对雨水管渠的过流能力进行复核^[7],具体计算过程请查阅《山地城市内涝防治技术标准》相关规定。

(2)内涝防治重现期过流能力校核

$$Q_m = A v' \tag{1}$$

式中: Q_m 为管道上游水头线至上游地面高程时理论过流能力, m^3/s ; v' 为流速, m/s ; A 为管网截面积, m^2 。

$$v' = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I'^{\frac{1}{2}} \tag{2}$$

式中: n 为粗糙系数; R 为水力半径(m); I' 为水力坡度。

$$I' = (H_s - H_d) / L \tag{3}$$

式中: H_s 为管道上游地面高程; H_d 为管道下游排口处 100 a 一遇洪水位(若无洪水位资料可用下游排口管道底高程加管道管径加 1 m 估算); L 为管道起终点平面距离。

将管道 100 a 重现期设计雨水流量 Q_{100} 和 Q_m 进行校核, 若 Q_{100} 小于等于 Q_m 则表明管道在 100 a 一遇降雨下不发生冒溢。

4 结 论

本次研究以重庆市中心城区立交下穿道、轨道

交通、隧道三类市政基础设施为研究对象, 通过调研摸排与历年城市积水情况分析, 对上述基础设施排水系统特性及其主要致涝因子进行了总结分析并以此为依据提出基础设施内涝防治能力 3 级评估办法, 实现了基础设施内涝风险快速评估, 同时根据评估结果进一步提出了不同风险等级基础设施排水系统校核方式并明确具体校核过程。

参考文献:

[1] 黄永余, 赖文波. 城市地下空间洪涝水灾应急响应: 问题、成因与对策——基于郑州“7·20”特大暴雨国务院灾害调查报告的启示[J]. 中国应急救援, 2022(5): 4-9.

[2] 国办发[2021]11 号, 关于加强城市内涝治理的实施意见[Z].

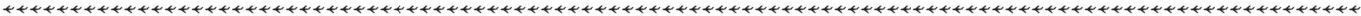
[3] 渝府发[2021]15 号, 重庆市城市更新管理办法[Z].

[4] GB 50014—2021, 室外排水设计标准[S].

[5] GB 50157—2013, 地铁设计规范[S].

[6] 刘兴坡. 新加坡城市内涝治理经验及启示[J]. 中国给水排水, 2013, 29(22): 11-13.

[7] DBJ50T-427—2022, 山地城市内涝防治技术标准[S].



《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴, 为您提供平台, 携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com