

控规阶段洪涝安全评估实施路径要点解析 ——以广州南站核心区北区为例

马成锦¹, 余梓伟¹, 王诗婧¹, 楼宇轩¹, 温茶眉²

[1. 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092; 2. 广州市规划和自然资源局番禺区分局, 广东 广州 511450]

摘要: 在全球气候变化与高强度城市化交织的背景下, 城市洪涝安全已成为制约超大城市可持续发展的关键瓶颈。立足于广州市将洪涝安全评估纳入法定规划管理体系的政策背景, 以广州南站核心区北区为例, 系统探讨在控制性详细规划阶段科学集成洪涝安全评估的技术路径与实施机制。研究综合运用 Infoworks ICM 水文水动力模型与 GIS 空间分析技术, 对百年一遇降雨情景下内涝风险进行精细化识别, 评估片区洪涝风险等级, 并结合广州市相关政策要求, 构建出“两图一表”为核心载体的成果输出体系。结果表明: 研究区域洪涝安全等级为低风险, 内涝防治标准达到 100 年一遇, 区域年径流总量控制率不低于 68.6%, 关键设施规模得以明确并纳入控规指标。基于本次研究, 形成了评估成果向排涝设施、地块指标、调蓄空间等规划要素的转化与传导机制, 为推动洪涝风险防控从末端被动治理向源头主动调控的转变提供了可复制、可推广的技术范例。

关键词: 水安全; 海绵城市; 洪涝安全评估; Infoworks ICM; 规划传导

中图分类号: TU998.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)12-0161-06

Analysis on Key Points of Implementation Path for Flood Safety Assessment in Control Planning Stage: A Case Study of North Area in Core Zone of South Guangzhou Railway Station

MA Chengjin¹, YU Ziwei¹, WANG Shijing¹, LOU Yuxuan¹, WEN Chamei²

[1. Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China; 2. Panyu District Branch of Guangzhou Municipal Bureau of Planning and Natural Resources, Guangzhou 511450, China]

Abstract: Against the backdrop of global climate change and high-intensity urbanization, the urban flood safety has become a critical bottleneck restricting the sustainable development of megacities. Based on the policy context of integrating flood safety assessment into the statutory planning management system in Guangzhou, taking the north area in the core zone of South Guangzhou Railway Station as an example, the technical path and implementation mechanism of scientifically integrating flood safety assessment in the control detailed planning stage are systematically discussed. By comprehensively applying the Infoworks ICM hydro-hydrodynamic model and GIS spatial analysis technology, a refined identification of the risk of urban flooding under the scenario of a once-in-a-century rainfall is conducted and the flooding risk level of the area is assessed. Combined with the relative policy requirements of Guangzhou, a result output system with "two diagrams and one table" as the core carriers has been constructed. The results indicate that the flood safety level in the study area is classified as low risk. The urban waterlogging prevention standard reaches a once-in-a-century level. The regional annual total runoff control rate is not less than 68.6%. And the scale of key facilities has been clearly defined and incorporated into regulatory planning indicators. Based on this research, a mechanism for the transformation and transmission of assessment results to planning elements such as flood drainage facilities, plot indicators, and storage and regulation spaces has been formed, providing a replicable and scalable technical model for promoting the shift of flood risk prevention and control from passive governance at the end to active regulation at the source.

Keywords: water safety; sponge city; flood safety assessment; Infoworks ICM; planning transmission

收稿日期: 2025-09-15

作者简介: 马成锦(1995—), 女, 硕士, 工程师, 从事市政规划工作。

0 引言

在全球气候变化与快速城市化的双重背景下,

极端降雨事件频发^[1-3],城市洪涝风险日益加剧,已成为威胁城市公共安全与可持续发展的重要制约因素。我国多个大城市相继遭遇严重内涝灾害^[4-6],暴露出排水防涝体系的明显短板。为系统提升城市应对洪涝灾害的能力,国家与地方政府高度重视洪涝风险防控体系的构建^[7-8],特别是在国土空间规划体系中强化洪涝安全评估的刚性约束^[9-10]。

在学术研究层面,基于模型的洪涝安全评估方法已成为当前的研究热点。例如,李智^[11]基于SWMM模型对特定研究区进行洪涝风险评估,识别出对灾害等级最为敏感的关键参数;黄国如^[12]采用一维—二维耦合模型,系统模拟不同重现期暴雨情景下的淹没过程,为高密度建成区的精细化风险评估提供了方法论示范;赵璐^[13]则借助Mike Urban模型评估区域的内涝防治标准,并针对典型风险点提出工程性应对策略。然而,现有研究多聚焦于一般建成区或居住组团,对于对外交通枢纽片区这类具有高敏感性、高人流密度与大面积硬质下垫面等特殊属性的区域,针对性的洪涝安全评估研究仍较为缺乏。

在成果应用层面,从技术研究走向规划管理应用的过程中,如何将研究成果有效转化为管理工具,成为城市治理的关键课题。作为面临严峻洪涝压力的超大城市,广州市率先在规划管理中引入洪涝风险前瞻管控机制,其出台的《关于以碧道建设为引领全面加强我市防洪排涝基础能力建设的实施意见》(穗厅字[2021]5号)及后续的《广州市海绵城市建设—洪涝安全评估技术指引》系列文件,明确将洪涝安全评估确立为控制性详细规划阶段的法定审批依据。邝敏毅^[14]指出广州已初步构建了一套贯穿总体规划至详细规划的洪涝风险评估传导机制,将多项关键管控指标纳入地块规划条件,实现了洪涝安全的全周期管理。然而,尽管广州目前针对洪涝安全已提出很多政策与机制,但现有评估成果与法定规划图则的衔接往往不足,如何将模型模拟得出的结论,高效、精准地转化为具体、可落地的地块控制指标与设施规模,并直接纳入控规“一张图”管理,是实现闭环管控的技术难点。

本研究以广州南站核心区北区为例,旨在填补枢纽片区洪涝安全评估精细化研究的空白。本研究核心创新在于应用Infoworks ICM模型与GIS技术进行本地分析与风险识别,并构建起一套“指标要求—设施规模—图则管控”一体化的技术输出与传导路

径。通过将评估确定的调蓄容积、设施布局等核心结论,直接转化为控规图则中的强制性或指导性内容,实现了洪涝安全管控措施在规划源头的刚性传导与落地,为同类地区的规划实践提供了可复制、可推广的技术范式。

1 项目背景

广州南站地处粤港澳大湾区的地理中心位置,是中国“四纵四横”高速铁路网络的重要枢纽,更是辐射粤港澳大湾区的关键门户,对于优化城市空间布局、带动南部区域产业升级和经济发展具有不可替代的牵引作用^[15]。随着粤港澳大湾区战略的深入实施,广州南站的战略地位被提升到了新的高度,原有的规划布局与新时代的功能定位之间逐渐显现出不相适应之处。因此,为应对新形势下的发展要求,充分释放南站作为湾区门户的枢纽价值,广州市启动了《广州南站核心区(北区)控制性详细规划修正》工作。

项目地块位于番禺区石壁街广州南站核心区北区,控规修正范围为南站核心区北区34个地块及其临近防护绿地、水域等,涉及BA0501、BA0503共2个规划管理单元,调整地块如图1所示。



图1 修正地块范围图^[16]

2 现状基本情况

2.1 地理特征

本规划范围属于市桥台地,规划区周边整体由东北向西南倾斜。项目地区地势平坦,属于冲积平原区,区域高程范围在5.93~9.74 m。规划范围周边主要道路有东新高速、汉溪大道、石洲西路、石洲中路、南站北路、大洲路等。

2.2 水系概况

本规划区(涉及BA0501及BA0503规划管理单

元)地块位于全市105个排涝片中的番禺区市桥排涝片区的屏山河分区(编号07)。

项目区域内及周边有:南站内环一涌、二涌、三涌、四涌,西侧为幸福涌,东侧为屏山河。

(1)南站核心区内环一涌:全长2.73 km,河宽22~30 m,属于二类河涌。

(2)南站核心区内环二涌:全长1.88 km,河宽12~25 m,属于二类河涌。

(3)南站核心区内环三涌:全长1.12 km,河宽20~40 m,属于二类河涌。

(4)南站核心区内环四涌:全长0.86 km,河宽18~25 m,属于二类河涌。

(5)幸福涌:为广州南站西南片区雨洪主要排泄通道,全长4.60 km,河宽25~60 m,属于一类河涌。

(6)屏山河:为市桥河排涝区的主要排涝河涌和规划区周边最重要的河涌,全长13.6 km(其中屏山水闸以北段8.2 km),河宽45~70 m,属于一类河涌。

2.3 排水防涝现状

排涝设施方面,项目范围内的雨水主要排入南站核心区内环水系及幸福涌,最终排入屏山河,项目范围内有一座新客站1号水闸和一座新客站3号泵闸,项目范围周边有一座大洲新涌闸站。

雨水管网方面,项目区域内雨水管网布设相对完善,且大多沿道路双侧布置,就近排放至相邻河涌。

2.4 下垫面变化情况

项目区域范围内的用地性质主要包括商务用地、商业用地、防护绿地及水域,下垫面类型以绿地、道路、屋顶和小区内铺装等为主。

本次调规工作主要涉及修正的地块总用地面积为57.11 hm²。其中,商业商务用地面积由33.79 hm²调整为31.67 hm²;文化设施用地面积增加2.04 hm²;绿地与广场用地面积由18.47 hm²修正为18.54 hm²[16]。

为定量分析研究区内各地块的下垫面构成特征,本研究采用GIS空间分析中的分区统计(zonal statistics)方法,对收集到的现状下垫面数据与地块规划数据进行处理与计算。核心流程旨在获取每个评价单元(地块)内部各类下垫面的面积及占比,具体步骤如下。

第一,数据准备与预处理。本研究采用的两类数据为:分别是地块矢量数据以及土地覆盖栅格数据。通过对上述数据进行坐标统一与空间范围裁剪,确保两者处于相同的投影坐标系下;第二,执行

分区统计。借助ArcGIS平台中的“分区统计”工具(zonal statistics),以地块矢量图层为统计分区,以土地覆盖栅格图层为输入值图层,从而计算每个矢量多边形(地块)其覆盖的所有栅格像元的统计值;第三,面积计算。由于土地覆盖栅格数据具有固定的空间分辨率,因此,将分区统计得到的各类别像元数量乘以单个像元面积,即可精确计算出每个地块内各类下垫面的实际面积;第四,结果整理与输出。最终,将上述计算得到的各类下垫面面积作为新的属性字段连接到地块矢量图层的属性表中,形成一套完备的、具有空间属性的下垫面统计数据库。

通过上述GIS空间分析方法,实现从宏观土地覆盖数据到微观地块单元下垫面信息的有效转换与精确统计,将建设前后的各地块数据进行对比,可以得到各地块的下垫面变化情况。

3 评估分析要点

根据《广州市海绵城市建设—洪涝安全评估技术指引》,洪涝安全评估报告编制要点主要包括防洪排涝标准评估、河涌水系评估、海绵城市建设复核、排水(雨水)工程评估、竖向方案评估等(见图2)。本文从上述编制框架出发,聚焦防洪排涝、排水工程与源头减排三个层次,系统解析洪涝安全评估实施路径要点。

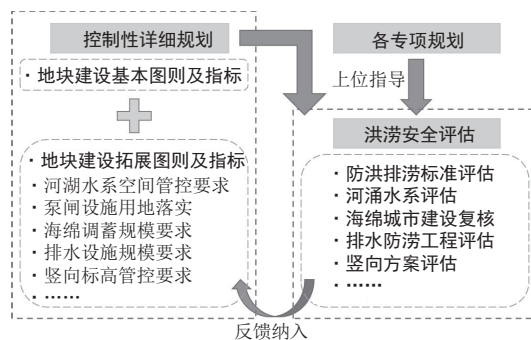


图2 洪涝安全评估报告编制要点及应用价值

3.1 防洪排涝标准评估

防洪排涝标准评估分为防洪达标情况、河涌排涝标准达标情况及洪涝风险等级评定。

3.1.1 防洪达标情况

本项目处于番禺区石龙围流域。规划设计外江防洪(潮)标准为200 a一遇重现期,现状基本已达到200 a一遇重现期,根据《广州市番禺区防洪(潮)排涝规划》,石龙围规划堤防总长度约12.43 km,现状堤防均已满足200 a一遇的防洪标准。

3.1.2 河涌整治达标情况

本次项目范围内不涉及河涌整治工程。在排涝方面,其设计标准为:在遭遇20 a一遇的最大24 h暴雨时能确保规划区不发生内涝灾害。目前,屏山河、幸福涌及广州南站核心区内的环水系等主要排水通道,其排涝能力均已满足上述规划标准,能够有效应对相应重现期暴雨事件,保障区域排水安全。

3.1.3 洪涝风险等级

洪涝风险等级主要参照《城市防洪应急预案编制导则》^[17](SL 754—2017)划定。根据该导则,建设用地的洪涝风险等级可划分为低、中、高三个级别,具体风险等级划分如表1所示。从风险类型来看,主要包括洪水风险和内涝风险两类。

表1 城市建设用地洪涝风险等级划分标准^[17]

类型	建设用地风险等级		
	低	中	高
洪水 风险	$h_v < 0.3$	$0.3 \leq h_v < 1.2$	$h_v \geq 1.2$
	且 $h < 1.1$	且 $0.12 \leq h < 1.1$	或 $h \geq 1.1$
	且 $v < 2.6$	且 $0.27 \leq v < 2.6$	或 $v \geq 2.6$
内涝 风险	$0.3 \leq h < 0.5$	$0.5 \leq h < 1.0$	$h \geq 1.0$
对人的 影响	对部分人(老人、小孩等)的行动有威胁	对大部分人的行动有威胁	对所有人的行动有威胁

注: h 为积水深度,m; v 为流速,m/s; h_v 为积水深度和流速的乘积, m^2/s 。

根据《番禺区排水工程规划修编项目》,项目范围内无现状水浸点,且未列入《广州市一流域一手册洪涝风险图集》中划分的高风险区,经防洪标准复核、河道治涝标准复核、下垫面分析、地面高程分析,结合内涝防治重新期评估结果(见本文3.2.2章节),本次评估区域洪涝风险等级为低风险。

3.2 排水防涝工程建设评估

本文中排水管网重现期及内涝防治重现期采用Infoworks ICM建模评估。严格遵循《城镇内涝防治系统数学模型构建和应用规程》(T/CECS 647—2019)^[18],构建地表—管网—河道耦合模型。地表产流计算中,绿地采用Horton模型,非绿地采用固定径流系数法;地表汇流采用二维浅水方程模拟漫流;管道汇流基于一维圣维南方程组;河道概化为一维水动力模型,并将其水位设定为管网排放口的边界条件。由于缺乏实测降雨数据,本研究Infoworks ICM建模参数采用黄国如等^[12,19]针对广州市相关研究的参数集,该参数集在其针对广州市的研究中已通过严格率定与验证,鲁棒性较高。

3.2.1 排水系统现状分析及规划复核

项目区域内雨水管渠设计重现期为5年一遇,主要排入水体包括幸福涌、屏山河、南站核心区内环五涌,排水方式以自排为主。

根据《广州市暴雨强度公式编制与设计暴雨雨型研究技术报告(简本)》中数据,采用番禺区短历时(180 min降雨)暴雨强度公式及雨型,评估雨水管网重现期。现状管网评估结果见图3,可见石洲中路、石兴大道南部分管段不满足重现期要求,主要原因在于支路缺少雨水支管、主干管网雨水管径不足。故规划方案补充周边雨水支管,并改扩建不满足重现期要求的雨水管网。随后对规划雨水管网进行再次评估,结果见图4。结论表明,经完善支管、局部扩大管径,规划雨水管网可以满足5年一遇重现期要求。



图3 规划区周边现状雨水管网评估图

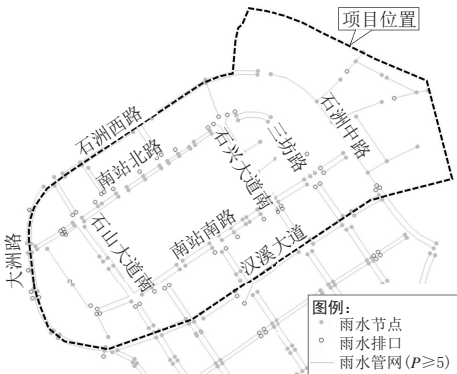


图4 规划区周边规划雨水管网评估图

3.2.2 内涝防治设计重现期复核

根据《广州市排水(雨水)防涝综合规划(2022—2035年)》,本片区内涝防治标准为不低于100年一遇重现期。

根据《广州市暴雨强度公式编制与设计暴雨雨型研究技术报告(简本)》中数据,采用番禺区长历时(1 440 min降雨)暴雨强度公式及雨型,并基于地形、下垫面、管网布设、河道状况及泵闸运行数据,进行

内涝模拟分析,评估 100 年一遇降雨重现期下现状和规划情况下的内涝积水风险,模拟结果如图 5 和图 6 所示。



图5 规划区周边现状内涝风险评估图



图6 规划区周边规划内涝风险评估图

基于现状条件下的模拟结果显示,在 100 年一遇长历时降雨条件下,石洲中路、南站南路等区域可能存在较高内涝风险,最大积水深度超过 0.5 m。在规划条件下,经源头减排设施建设及雨水管渠改扩建之后,道路与场地最大积水深度均小于 0.15 m。即在规划条件下,项目区域可以满足 100 年一遇内

涝防治标准要求。

3.3 海绵城市建设标准复核

3.3.1 海绵城市建设管控标准

根据《番禺区海绵城市专项规划(2018—2035)》,规划调整区位于雁州水闸分区 YZ-09(BA0501)海绵建设单元。根据要求,项目区年径流总量控制率不低于 68.6%,设计降雨量不低于 25.8 mm,年径流污染削减率不低于 48%。

3.3.2 径流量控制复核

对项目范围内现状下垫面情况进行解析,不同下垫面类型的径流系数参照《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)^[20]取值,通过面积加权平均,算得现状综合径流系数为 0.48。

在此基础上,结合规划用地性质确定各区域径流系数,进而计算出建设前后 100 年一遇最大 1 h 雨水径流量。测算结果表明:在百年一遇的降雨情景下,与建设前相比,建设后的最大小时雨水径流量有所降低,满足要求。

3.3.3 雨水调蓄容积计算

(1) 计算需要建设的容积

根据《广州市海绵城市建设—洪涝安全评估技术指引》中相关要求,海绵城市建设需满足以下 3 个条件:(1)建设后径流量不大于建设前;(2)除城镇公共道路外,每万平方米硬化面积需配建不小于 500 m³ 的雨水调蓄设施;(3)各地块总调蓄容积需满足年径流总量控制率指标要求。因此本方案分别按照以上 3 个方法计算各地块所需调蓄容积,并取最高值得到地块最终所需调蓄容积。计算结果见表 2。

表2 调蓄容积计算表(部分)

地块编号	用地面积/hm ²	方法一	方法二		方法三	需调蓄容积 V ₀ /m ³
		调蓄容积/m ³	硬化面积/m ²	调蓄容积/m ³	建设容积	
地块 A	1.777 1	0	622	31	559	559
地块 B	0.477 6	0	3 534	177	64	177
地块 C	1.077 0	0	7 970	399	145	399

(2) 计算各类设施雨水调蓄容积

雨水调蓄设施包括下沉式绿地调蓄及其他海绵设施调蓄。其中下沉式绿地调蓄容积=面积×绿地率×下沉式绿地率×下沉深度,其他海绵设施调蓄指景观水体、调蓄池等。

为同时满足上述海绵建设的 3 个条件,各地块需配建雨水调蓄设施规模见表 3,该规模是指导海绵设施空间布局、拟定地块出让强制性指标的核心依据。

表3 各地块雨水设施调蓄容积一览表(部分)

地块编号	用地类型	用地面积/m ²	需调蓄容积 V ₀ /m ³	下沉式绿地调蓄容积 V ₁ /m ³	其他海绵设施调蓄容积 V ₂ /m ³
地块 A	公园绿地	17 771	559	720	0
地块 B	商业用地	4 776	177	57	119
地块 C	商业用地	10 770	399	129	269

3.3.4 年径流污染削减率复核

经复核,通过建设相应海绵设施,项目范围内各

地块均可满足年径流污染削减率不低于48%的要求。

3.4 评估分析结论

评估结果表明:区域所在石龙围防洪(潮)能力达200年一遇标准,堤防工程现状达标,河道排涝标准满足20年一遇24h暴雨不成灾要求,洪涝风险等级属低风险。经复核,规划雨水管网方案满足5年一遇降雨重现期要求,区域内涝防治标准达到100年一遇重现期要求。海绵城市指标全面达标,年径流总量控制率 $\geq 68.6\%$ (对应设计降雨量25.8mm),污染削减率 $\geq 48\%$,透水铺装、下沉式绿地及绿色屋顶等指标均符合要求。

4 评估成果应用

洪涝安全评估除形成洪涝安全评估报告之外,核心成果还凝结成“两图一表”(蓝绿空间规划图、海绵城市布局图、海绵设施及洪涝安全评估表),为规划实施与系统治理提供技术支撑。其中,蓝绿空间规划图中内容包含在常规控规成果之内,故本文主要研究海绵城市布局图及海绵设施与洪涝安全评估表在规划传导中的应用。

海绵城市布局图包括对各地块的海绵设施建设规模的指引,以地块B和地块C为例,海绵城市布局图成果如图7所示。以该图作为控制性详细规划图则的补充,结合表3对于地块海绵城市建设调蓄容积要求,可实现地块管控目标的清晰化与实施路径的精准化,为主管部门在地块管控和出让过程中提供抓手。另外,除图中所示海绵设施规模之外,如地块内或地块周边有现状或规划水利、泵闸设施、调蓄空间等,也应体现在该图纸中。这一成果补充了,在地块层面为保证洪涝安全需满足的拓展规划条件要求。

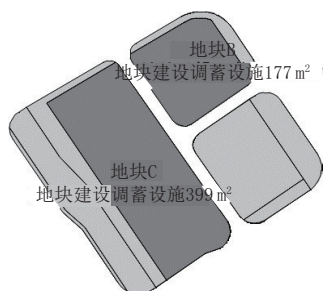


图7 海绵城市布局图(局部)

海绵设施及洪涝安全评估表是对片区洪涝安全评估的结论性总结。该表格包含对片区基本情况、洪涝风险等级评定、内涝防治标准、竖向标高、河涌

水系、径流量控制达标情况的复核,以及雨水管网与泵站等市政基础设施的承载能力校验等关键内容进行系统整合,精准展示关键信息,达成评估结论的系统性与明晰性呈现。

5 结语

本研究以广州南站核心区北区为例,综合运用GIS空间分析技术与Infoworks ICM水文水动力模型,构建了一套适用于高密度建成区的精细化洪涝风险评估技术路径,并形成“两图一表”纳入控制性详细规划成果,实现对地块建设的有效管控,为解决技术评估与规划管理“两张皮”的行业痛点提供了可操作、可复制的范例。

本研究局限主要体现在模型构建精度方面,考虑到区域敏感度等因素,本研究过程中获得基础数据的精度有限,因此模型构建精细化程度仍存在一定细化空间。

未来研究可从以下方面深化:一是探索将动态的气候变化预测情景与洪涝风险模型进行深度的耦合,开展面向未来的适应性规划研究;二是研究如何将洪涝风险评估与城市交通、生命线工程等其他城市系统的韧性评估进行多维耦合,构建更具综合韧性的城市空间规划体系。

参考文献:

- [1] 宋晓猛. 中国城市洪涝问题:现状、成因与挑战[J]. 水科学进展, 2024, 35(3): 357-373.
- [2] 宋晓猛. 变化环境下城市洪涝风险评估与调控策略[J]. 水利发展研究, 2025, 25(1): 56-64; 85.
- [3] 张金良. 城市极端暴雨洪涝灾害成因及对策研究进展[J]. 水资源保护, 2024, 40(1): 6-15.
- [4] 马建明. 关于城市洪涝风险防控体系构建的建议——郑州市“7·20”特大暴雨灾害思考[J]. 中国防汛抗旱, 2022, 32(4): 45-47; 71.
- [5] 陈文龙. 广州“5·22”城市洪涝成因及对策[J]. 中国水利, 2020, (13): 4-7.
- [6] 龙彦羲. 深圳罗湖区“2023-9-7”极端特大暴雨灾害特征和防御对策[J]. 中国防汛抗旱, 2025, 35(增刊1): 27-28; 37.
- [7] 程晓陶. 水利高质量发展转型中城市洪涝防治与韧性提升的探讨[J]. 水利发展研究, 2025(11): 1-11.
- [8] 汪松年. 上海地区洪涝灾害的特点和防治对策探讨[J]. 城市道桥与防洪, 2007(5): 187-192.
- [9] 任大伟. 国土空间规划中洪涝风险控制线划定与管控[J]. 山西建筑, 2024, 50(23): 33-37; 41.
- [10] 陈翔宇. 浅谈国土空间规划中防洪治涝和排水标准的辨析与衔接[J]. 治淮, 2024(6): 26-28.
- [11] 李智. 基于SWMM的城市洪涝风险管理研究[J]. 水利水电技术, 2019, 50(11): 35-42.

(下转第171页)