

老旧街区微更新场景下内涝防治技术研究

刘淑雅^{1,2,3}

[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.上海城市排水系统工程技术研究中心,上海市 200092; 3.应急管理部城市内涝灾害预警与应急重点实验室,上海市 200092]

摘要: 针对城市老旧街区普遍存在的内涝风险高、排水设施标准低、更新改造空间有限等问题,以南方某城市典型老旧街区为研究对象,充分利用老旧街区现有空间微更新,提出蓝色屋顶、道路调蓄、广场平急两用调蓄、绿地调蓄及水体平急两用调蓄等多尺度调蓄空间耦合的内涝治理技术方案,设置3种不同强度集成方案,基于InfoWorks ICM构建城市排水系统水力模型,评估3种方案在不同重现期降雨情景下的内涝防治效果。模拟结果表明,3种方案均能有效削减研究区域及周边区域的积水面积与体积,其中方案三(最高实施强度),研究区域最高可削减最大积水深度7%,削减最大积水面积31%,削减最大积水体积40%,研究成果可为类似城市老旧街区内涝治理提供技术参考。

关键词: 排水管网; InfoWorks ICM; 内涝治理方案; 风险评价

中图分类号: TU998.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)06-0048-06

Research on Urban Waterlogging Control Technology in the Context of Micro-renewal of Old Urban Areas

LIU Shuya^{1,2,3}

[1.Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China; 2.Shanghai Urban Drainage System Engineering Technology Research Center, Shanghai 200092, China; 3.Key Laboratory of Urban Waterlogging Forewarning and Emergency, Ministry of Emergency Management, Shanghai 200092, China]

Abstract: Aiming at the prominent problems of high waterlogging risk, low drainage standard and limited reconstruction space in old urban areas, this paper takes a typical old urban area in a southern city as the research object. Based on the existing space micro-renewal, a multi-scale waterlogging control scheme coupled with blue roofs, road storage, dual-purpose square storage, green space storage and dual-purpose water body storage is proposed. Three integrated schemes with different intensities are designed, and their control effects under different rainfall return periods are evaluated by the hydraulic model established with InfoWorks ICM. The results show that all three schemes can effectively reduce the waterlogging area and volume in the study area. Scheme III (the highest intensity) can reduce the maximum waterlogging depth by 7%, area by 31% and volume by 40% in the study area. The research can provide technical reference for urban waterlogging control in similar old urban areas.

Keywords: drainage pipe network; InfoWorks ICM; urban waterlogging control scheme; risk evaluation

0 引言

随着全球气候变化加剧和城市化进程不断加快,城市极端降雨事件频发,内涝问题日益突出^[1-3]。老旧街区由于排水管网标准低、不透水面比例高、更新改造空间受限,成为城市内涝防治的重点和难点区域^[4-5]。基于雨水径流多时段调控、多尺度分担原理,多尺度空间耦合的雨水径流调蓄技术为老旧街

区内涝治理提供了新思路^[6-7]。

本研究选取南方某城市典型老旧街区作为研究对象,充分利用老旧街区现有空间微更新,提出多层级调蓄空间耦合的内涝系统治理集成技术方案,并利用InfoWorks ICM^[8-11]构建水力模型模拟不同重现期降雨情景下的内涝风险,评估其对研究区域及周边范围的积水改善效果,以为同类区域的内涝治理提供科学依据。

1 研究区域

选取南方城市典型城市老旧街区作为研究区

收稿日期: 2026-03-12

基金项目: 国家重点研发计划(2022YFC3800500)

作者简介: 刘淑雅(1997—),女,硕士,助理工程师,从事排水工作。

域,该区域面积 2.4 km²,为高密度建成区,开发强度大,硬化下垫面占比高,内涝风险突出^[12]。近年来受极端天气影响,全市因台风、暴雨造成的洪涝灾害日渐突出严重。

区域下垫面划分为透水面与不透水面两类,共 7 种类型,土地利用结构如表 1 所示,下垫面硬化特征显著。

表 1 研究区域土地利用类型

类别	土地利用类型	面积/km ²	比例/%
透水面	渗水广场	0.14	5.83
	水系	0.08	3.33
	裸土	0.09	3.75
	绿地	0.29	12.08
不透水面	不渗水广场	0.23	9.58
	道路	0.67	27.92
	建筑	0.90	37.50
合计		2.4	

2 排水模型构建

采用 InfoWorks ICM(v11.0)模型软件建立研究范围及周边范围内的排水系统管网数学模型,如图 1 所示,并通过二维内涝模拟评估区域积水风险。



图 1 研究区域现状管网

2.1 设计降雨

该区域暴雨强度公式为:

$$q = \frac{2\,136.312(1 + 0.700\lg P)}{(t + 7.576)^{0.711}} \quad (1)$$

式中:q 为平均暴雨强度,mm/min;P 为重现期,年;t 为降雨历时,min。

内涝风险评估采用根据暴雨强度公式和芝加哥雨型生成的 5、10、20、50 年一遇 24 h 降雨,其中 5 年一遇设计暴雨过程线如图 2 所示。

2.2 径流系数

根据该地区用地类型,将下垫面划分为渗水广场、水系、裸土、绿地、不渗水广场、道路、建筑 7 类^[9]。透水下垫面采用 Horton 径流模型,不透水

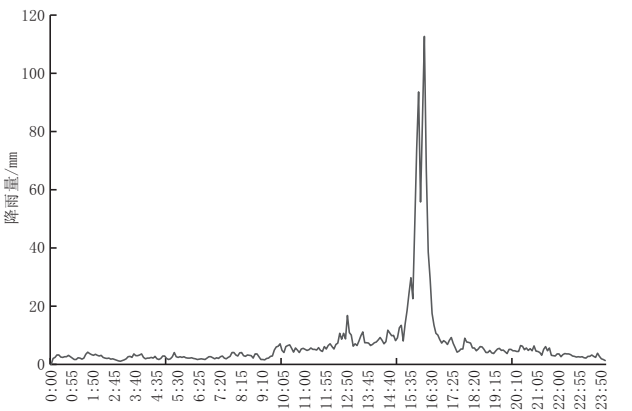


图 2 研究区域 5 年一遇设计暴雨过程线

下垫面采用固定径流系数法,汇流模型采用 SWMM 模型^[10]。各用地类型径流系数取值如表 2 所示。

表 2 各用地类型径流系数取值

类别	土地利用类型	径流系数取值
透水面	渗水广场	0.55
	水系	0
	裸土	0.15
	绿地	0.20
不透水面	不渗水广场	0.90
	道路	0.85
	建筑	0.80

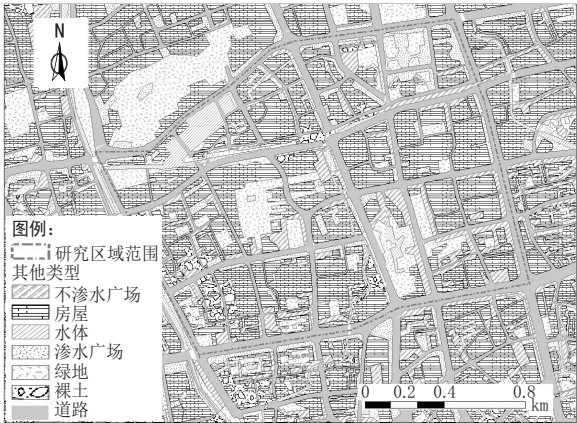


图 3 研究区域土地利用图

3 现状模拟

利用以上水力模型对研究区域的本底现状情况进行模拟,如表 3 所示。不同重现期条件均存在积水的情况,积水主要分布在研究区域东侧部分道路及周边区域,50 年一遇条件下最大积水深度达到 1.039 m。为考察 2 个关注层面的道路积水情况,以 1 cm(湿鞋高度)和 15 cm(内涝高度)分别统计研究区域的积水面积情况。

为考察研究区域内采取集成技术后对整个片区

表3 研究区域积水现状模拟结果

重现期/年	最大积水深度/m	最大积水面积(>0.01 m)/m ²	最大积水面积(>0.15 m)/m ²	最大积水体积/m ³
5	0.60	219 408	40 884	22 808
10	0.82	326 961	80 430	42 846
20	0.95	397 880	108 375	56 043
50	1.04	480 709	141 683	74 915

的影响,本研究选择了涵盖研究区域(2.4 km²)的更大范围周边区域(11.6 km²)展开现状本底模拟,如表4所示。

表4 周边区域积水现状模拟结果

重现期/年	最大积水面积(>0.01 m)/m ²	最大积水面积(>0.15 m)/m ²	最大积水体积/m ³
5	982 998	223 023	121 431
10	1 581 920	411 511	224 856
20	1 923 700	537 228	289 977
50	2 344 370	725 833	384 022

4 内涝系统治理方案及评价

4.1 技术方案

针对老旧街区空间小、改造难的特点^[13-14],耦合5类调蓄技术^[15-16],构建水陆网一体化集成方案,按不同实施强度分为3套方案,如表5所示。

表5 方案配置情况

方案名称	技术组合
方案一	B1+R1+S1+G1+W
方案二	B2+R2+S2+G2+W
方案三	B3+R3+S3+G3+W

4.1.1 蓝色屋顶

筛选研究区域内有条件实施的蓝色屋顶建筑,其中住宅屋顶调蓄深度设计为100 mm,公建调蓄深度设计为300 mm,得到总调蓄容积134 759 m³,方案设置如表6所示。

表6 蓝色屋顶方案设置

方案编码	方案规模/m ³	采用技术
B1	4 700	模块化雨水调蓄箱和雨水花园结合方式
B2	11 750	模块化雨水调蓄箱和雨水花园结合方式
B3	23 500	模块化雨水调蓄箱和雨水花园结合方式、雨水罐

4.1.2 道路调蓄

以地面道路为主,高架为辅,主干道按20%宽度、次干道15%、支路10%设置调蓄空间,地面调蓄深度0.2 m,高架下0.5 m,总调蓄容积23 000 m³。根据现场可实施性,道路调蓄方案

设置如表7所示。

表7 道路调蓄方案设置

方案编码	方案规模/m ³	采用技术
R1	1 750	高架桥下地面空间平急两用调蓄设施(绿带下凹式)、道路边沟和生物支流设施结合方式
R2	4 375	高架桥下地面空间平急两用调蓄设施(绿带下凹式)、道路边沟和生物支流设施结合方式
R3	8 750	高架桥下地面空间平急两用调蓄设施(绿带下凹式)、道路边沟和生物支流设施结合方式、道路边沟

4.1.3 广场平急两用调蓄

利用不透水广场和透水广场,采用围挡式或下凹式调蓄,调蓄深度设置为0.5 m,总调蓄容积185 652 m³,方案设置如表8所示。

表8 广场平急两用调蓄方案设置

方案编码	方案规模/m ³	采用技术
S1	6 300	围挡式调蓄
S2	15 750	围挡式调蓄
S3	31 500	围挡式调蓄、下凹式调蓄

4.1.4 绿地调蓄

绿地作为排涝设施调蓄深度设置为0.5 m,作为源头减量时调蓄深度设置为0.1~20.0 cm,总调蓄容积58 000 m³,方案设置如表9所示。

表9 绿地调蓄方案设置

方案编码	方案规模/m ³	采用技术
G1	2 600	下凹式绿地用作排涝除险
G2	6 500	下凹式绿地用作排涝除险、雨水花园等用作源头减排
G3	13 000	下凹式绿地用作排涝除险、雨水花园等用作源头减排

4.1.5 水体平急两用调蓄设施

利用两座公园景观湖,以水位差与应急挡板形成调蓄空间,总规模111 344 m³。水体调蓄方案设施如表10所示。

表10 水体平急两用调蓄设施方案设置

方案编码	方案规模/m ³	采用技术
W	81 352	利用湖体水位

4.2 研究区域积水改善评价

4.2.1 方案一

如图4所示,5年一遇和50年一遇重现期下最大积水深度削减不明显,其中5年一遇条件下不明显主要是由于个别局部低洼区无法排水,提升设施能力不能起到明显作用,应当采取配置移动排水泵等应急管理措施;50年一遇条件下削减不明显主要是

由于技术方案提供的设施能力不足以在局部积水特别严重区域起到显著作用,需要采取更多的技术措施或扩大设施规模。在 10 年一遇和 20 年一遇降雨条件下,方案实施后最大积水深度均有削减,削减率分别为 5% 和 7%。

最大积水面积方面,以积水深度 $>0.01\text{ m}$ 计算

时,在 5、10、20、50 年一遇降雨条件下,最大积水面积削减率分别为 16%、9%、3% 和 2%;以 $>0.15\text{ m}$ 计,削减率分别为 14%、12%、11% 和 5%。

最大积水体积方面,在 5、10、20、50 年一遇降雨条件下,最大积水体积削减率分别为 32%、26%、23% 和 20%。

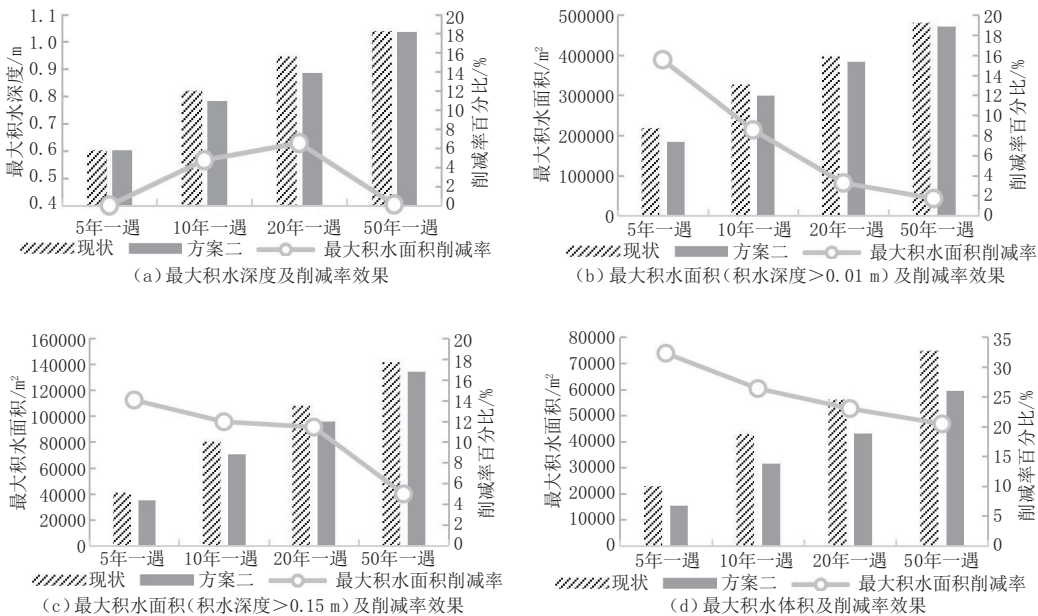


图 4 方案一实施模拟效果

4.2.2 方案二

如图 5 所示,在最大积水深度削减方面,除 5 年一遇重现期下削减不明显,其他重现期下均有

削减。在 10、20、50 年一遇降雨条件下,方案实施后最大积水深度削减率分别为 5%、7% 和 1%。

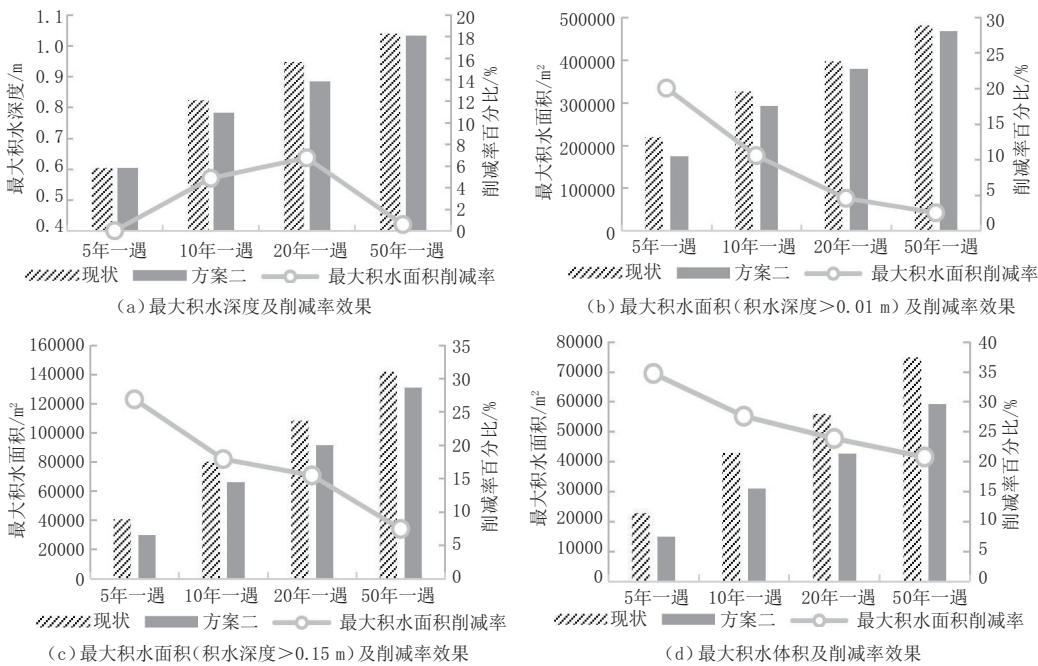


图 5 方案二实施模拟效果

最大积水面积方面,以积水深度 $>0.01\text{ m}$ 计算时,在 5、10、20、50 年一遇降雨条件下,最大积水面积削减率分别为 20%、11%、5% 和 3%;以 $>0.15\text{ m}$

计,削减率分别为 27%、18%、15% 和 7%。

最大积水体积方面,在 5、10、20、50 年一遇降雨条件下,最大积水体积削减率分别为 35%、28%、24%

和21%。

4.2.3 方案三

如图6所示,最大积水深度削减方面,除5年一

遇重现期下削减不明显,其他重现期下均有削减。在10a、20a和50a一遇降雨条件下,集成技术采取后最大积水深度削减率分别为5%、7%和1%。

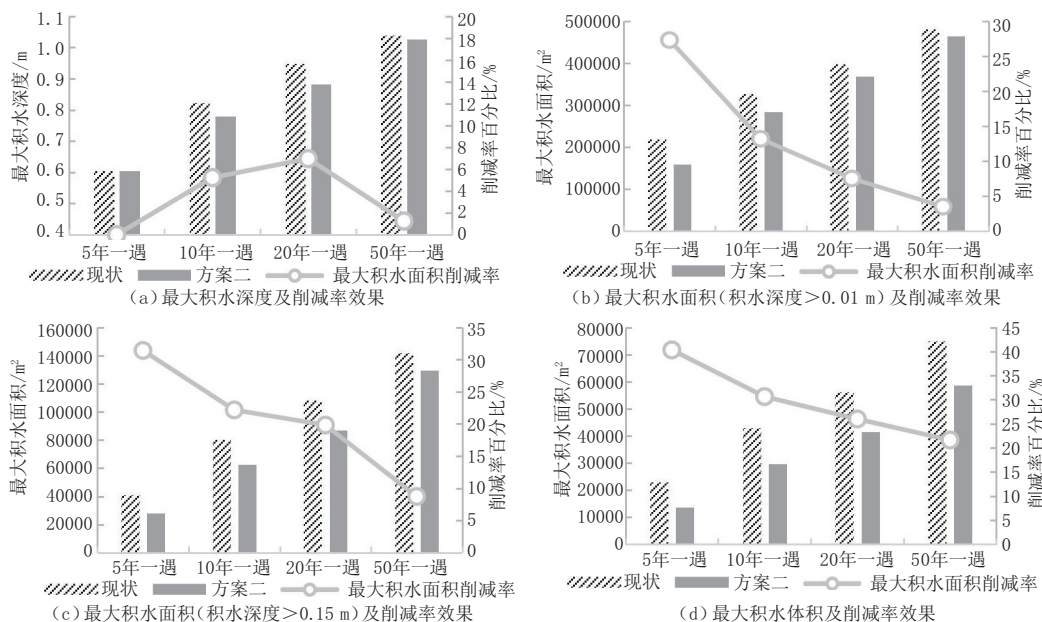


图6 方案三实施模拟效果

最大积水面积方面,以积水深度 $>0.01\text{m}$ 计算时,在5、10、20、50年一遇降雨条件下,最大积水面积削减率分别为27%、13%、8%和3%;以 $>0.15\text{m}$ 计,削减率分别为31%、22%、20%和9%。

最大积水体积方面,在5、10、20、50年一遇降雨条件下,最大积水体积削减率分别为40%、31%、26%和22%。

4.3 周边范围积水改善评价

对实施集成技术措施后的周边范围展开效果模拟评价,评价结果显示措施实施对改善整个片区的积水均具有一定作用。

4.3.1 方案一

如图7所示,最大积水面积方面,以积水深度 $>0.01\text{m}$ 计算时,在5、10、20、50年一遇降雨条件下,最大积水面积削减率分别为4%、2%、1%和0.3%;以 $>0.15\text{m}$ 计,削减率分别为3%、2%、2%和1%。最大积水面积可削减约 1.4万m^2 (20年一遇,积水深度以 $>0.01\text{m}$ 计)。

在最大积水体积方面,在5、10、20、50年一遇降雨条件下,最大积水体积削减率分别为3%、2%、2%和2%,最大积水体积可削减约 2万m^3 。

4.3.2 方案二

如图8所示,最大积水面积方面,以积水深度 $>0.01\text{m}$ 计算时,在5、10、20、50年一遇降雨条件下,最大积水面积削减率分别为5%、2%、1%和1%;以 $>$

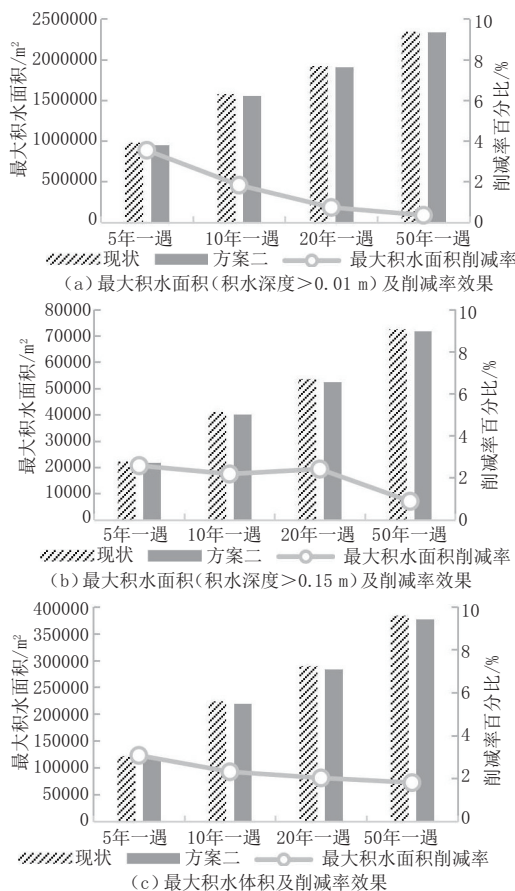


图7 方案一实施对周边区域的模拟效果

$>0.15\text{m}$ 计,削减率分别为6%、4%、4%和2%。最大积水面积可削减约 4.7万m^2 (5年一遇,积水深度以 $>0.01\text{m}$ 计)。

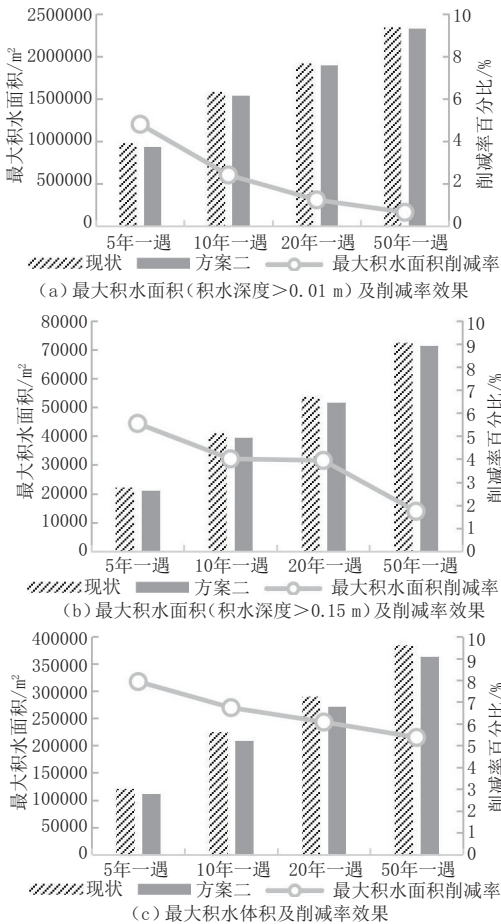


图8 方案二实施对周边区域的模拟效果

最大积水体积方面,在5、10、20、50年一遇降雨条件下,最大积水体积削减率分别为8%、7%、6%和5%,最大积水体积可削减约2万 m³。

4.3.3 方案三

如图9所示,最大积水面积方面,以积水深度>0.01 m计算时,在5、10、20、50年一遇降雨条件下,最大积水面积削减率分别为6%、3%、2%和1%;以>0.15 m计,削减率分别为6%、5%、5%和2%。最大积水面积可削减约6.3万 m²(5年一遇,积水深度以>0.01 m计)。

最大积水体积方面,在5、10、20、50年一遇降雨条件下,最大积水体积削减率分别为9%、7%、7%和5%,最大积水体积可削减约2.1万 m³。

5 结 语

以南方某城市典型老旧街区为研究对象,构建了高精度城市排水水力模型,系统评估了现状内涝风险,并提出了一套多层级调蓄空间耦合的内涝系统治理集成技术方案。

内涝系统治理技术方案设置3个不同实施比例,

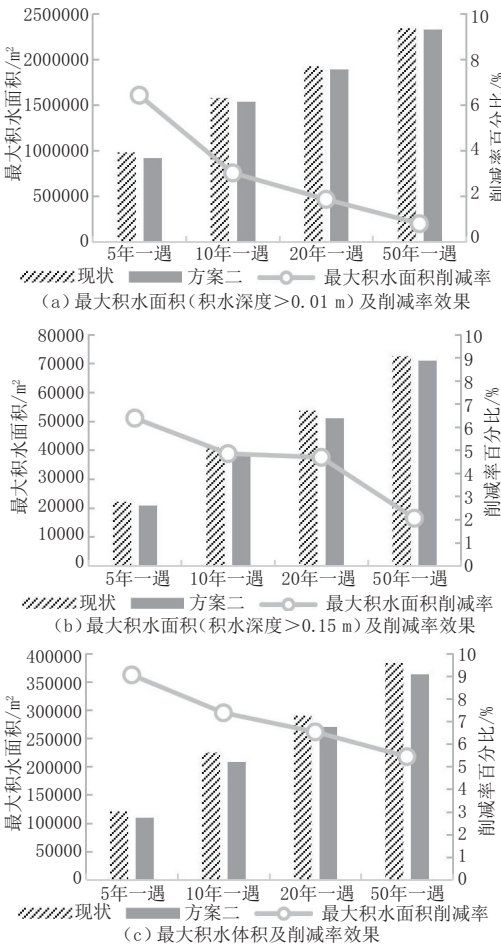


图9 方案三实施对周边区域的模拟效果

通过模型手段,分析不同集成方案实施后对自身区域和周边区域的治理效果(积水深度、积水面积和积水体积)。应用方案模拟结果表明,技术方案对改善研究区域自身和周边区域内涝积水均有显著效果,其中对于研究区域最高可削减最大积水深度7%(方案三,20年一遇),削减最大积水面积31%(方案三,5年一遇,积水深度>0.15 m计),削减最大积水体积40%(方案三,5年一遇)。

参考文献:

[1] 邓梓峰,高玮志,廖耀星,等.气候变化对城市暴雨洪涝影响研究进展[J].华北水利水电大学学报(自然科学版),2024,45(2):1-14.

[2] 王涛,刘爱琴,葛一新,等.城市道路内涝积水成因分析及治理策略[J].城市道桥与防洪,2025(7):162-165.

[3] 李锐,王凯凯,叶城,等.韧性视角下低影响开发设施布局多目标优化[J].城市道桥与防洪,2025(4):122-129.

[4] 贺小军.老旧小区海绵城市建设回顾与反思[J].城市道桥与防洪,2026(3):238-243.

[5] 周诚,游志康,魏文.结合城市更新的老旧片区排涝能力提升研究[J].城市道桥与防洪,2026(3):22-26.

[6] 管桂玲,霍璐,李海生,等.“蓝绿灰”统筹视角下区域海绵城市建设路径研究[J].水电能源科学,2025,43(5):210-214.

[7] 李运杰.耦合平急两用功能的片区海绵改造方案研究[J].城市道