DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.260639

规划阶段防洪内涝风险分析及对策研究
——以广州东华职业学院项目为例

王珠桥,张大伟
(广州珠科院工程勘察设计有限公司,广东 广州 510610)

摘　要: 在全球气候变暖与快速城市化叠加影响下,城市内涝已成为制约城市可持续发展的主要水文灾害,规划阶段前置开展开展洪涝安全评估是保障城市水安全的关键。以某学校建设项目为案例,构建一维河网—二维地表—管网耦合水力模型,系统评估100年一遇暴雨情景下内涝及防洪风险,剖析致灾成因。研究揭示了地形高差、山洪汇流、管网承载力不足及下垫面硬化等因素,并提出竖向衔接优化、管网扩容、截洪沟布设与海绵设施等应对措施。方案实施后区域积水范围缩减65%,积水深度不超过0.15 m、积水时长不超过30 min,可有效抵御100年一遇暴雨,实现内涝风险显著降低。成果可为规划阶段开展防洪内涝源头治理提供参考。

关键词: 控制性详细规划;洪涝安全评估;内涝风险;措施对策
中图分类号: TV87　　**文献标志码:** B　　**文章编号:** 1009-7716(2026)11-0278-07

Analysis of Flood Control and Waterlogging Risks and Research of Countermeasure in Planning Stage: A Case Study of Guangzhou Donghua Polytechnic Project

WANG Zhuqiao, ZHANG Dawei
(Guangzhou Zhukeyuan Engineering Survey and Design Co., Ltd., Guangzhou 510610, China)

Abstract: Under the combined influence of global warming and rapid urbanization, urban waterlogging has become a major hydrological disaster restricting the sustainable development of cities. Conducting flood safety assessment in advance during the planning stage is the key to ensure urban water security. Taking a school construction project as a case, a one-dimensional river network - two-dimensional surface - pipe network coupled hydraulic model is established to systematically assess the risks of waterlogging and flood prevention under the scenario of a once-in-100-year heavy rain, and analyze the causes of the disaster. The research result reveals the factors such as terrain elevation differences, mountain flood confluence, insufficient bearing capacity of the pipeline network and hardening of the underlying surface, and the countermeasures such as vertical connection optimization, pipeline network expansion, flood interception ditch layout and sponge facilities are proposed. After the implementation of the scheme, the area of waterlogging in the region is reduced by 65%, the depth of waterlogging is not exceeding 0. 15 m and the duration of waterlogging is not exceeding 30 min, which can effectively resist once-in-100-year heavy rain and significantly reduce the risk of waterlogging. The results can provide a reference for the source control of flood control and urban waterlogging during the planning stage.

Keywords: regulatory plan; flooding safety assessment; waterlogging risk; countermeasure

0　引　言

全球气候变化引发的极端降雨事件常态化,与城市化进程中下垫面硬化、雨洪调蓄空间萎缩、排水系统承载失衡等问题交织,导致城市内涝灾害频发[1]。2020年广州“5·22”特大暴雨、2021年郑州“7·20”特大暴雨等灾害事件,造成了重大人员伤亡与经济损失,凸显了城市内涝防治的紧迫性与重要性[2]。广州市作为超大城市,受地形地貌复杂、河网水系密集、城市化率高的多重影响,内涝问题尤为突出,其核心成因包括:下垫面性质剧烈改变导致产汇流机制变异、雨洪行蓄空间持续压缩、地面竖向设计缺乏系统性统筹、排水管网系统与极端降雨强度

收稿日期:2026-06-08
作者简介:王珠桥(1993—),男,硕士,工程师,从事城市水文分析及内涝风险研究工作。
通信作者:张大伟(1986—),男,硕士,高级工程师,从事城市水文分析及内涝风险研究工作。电子信箱:7372299014@qq.com

不匹配等[3-4]。传统内涝治理多集中于灾后改造，存在治理成本高、效果有限等弊端。为此，广州市率先探索在建设项目控制性详细规划阶段开展洪涝安全评估，将内涝风险管控前置到规划源头，为新建项目内涝防治提供系统性解决方案[5]。

本文以该项目为研究案例，构建多维度耦合数学模型，开展内涝风险精准评估与治理方案优化，不仅可保障项目自身防洪排涝安全，更可为规划阶段内涝风险管控提供技术支撑与实践参考。国内外学者围绕城市内涝风险评估与治理开展了大量研究。在模型技术方面，一维河网模型（如 MIKE11）、二维地表漫流模型（如 MIKE21）及管网水力模型（如 SWMM）已广泛应用于内涝模拟[6-7]；为提升模拟精度，耦合模型成为研究热点，如一维-二维耦合模型可同时反映河道洪水与地表漫流过程，管网-地表耦合模型能精准模拟排水系统与地表积水的相互作用[8-9]。在治理理念方面，从传统的“排涝为主”向“源头减排、过程控制、末端治理”的综合模式转变，海绵城市建设、低影响开发（LID）等理念与技术得到广泛应用[10-11]。

然而，现有研究仍存在不足：一是针对复杂地形条件下的内涝耦合模拟研究较少，难以充分反映地形高差大、山洪威胁突出等特殊场景；二是规划阶段内涝治理方案的针对性与系统性不足，多侧重于单一工程措施，缺乏对竖向规划、排水系统、山洪防控与海绵设施的综合协同优化[12]。本文针对上述问题，构建一维-二维-管网耦合数学模型，结合地形特征与项目建设需求，提出多措施协同的内涝治理方案，为规划阶段内涝风险源头管控提供解决方案。

1　工程概况

广州东华职业学院位于广州市白云区太和镇穗丰村东南部，地处金坑河排涝片，北侧紧邻山体，场地整体呈北高南低、东高西低的地形特征，现状地势高差介于 95.6~134.5 m 之间，平均地形坡度 15°，属于典型的山地建设项目。项目一期已建成投用，现状在校生 1.3 万人，批准办学规模 1.5 万人；为满足高职学校办学条件达标要求，需开展二期用地规划建设，以补足生均建筑面积与教学行政用房面积缺口，二期建设后项目汇水范围较现状扩大 30%。

研究范围总面积约 37.04 hm^2，涵盖一期已建区域与二期规划区域。区域内无天然河涌水系，西侧紧邻金坑河，东侧 120 m 处为兴丰坑涌；一期用地中心设有生态湖（调蓄容积 1 500 m^3），现状排水系统采用"管网收集-生态湖调蓄-金坑河排放"的模式，雨水通过管网收集汇入生态湖，经调蓄后再排入金坑河。研究区一期用地建筑与道路占比达 75%，下垫面不透水率高，产流系数介于 0.7~0.9 之间；二期用地为待建山地，现状以林地为主，后期建设后将新增大量硬质铺装，下垫面产汇流特征将发生显著改变。研究区周边地形与水系见图 1、图 2。

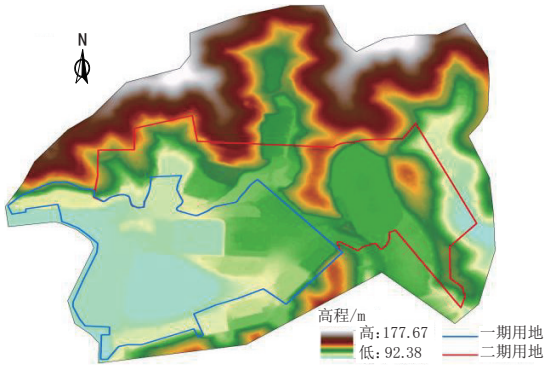


图 1　研究范围地形地貌示意图



图 2　研究范围水系图

2　内涝风险评估模型构建

2.1　规划标准与风险等级划分

（1）内涝防治标准：根据《室外排水设计标准》（GB 50014—2021）与《城镇内涝防治技术规范》（GB 51222—2017），超大城市内涝防治重现期应达到 100 年一遇，因此，研究区确定内涝防治重现期为 100 年一遇。

（2）风险等级划分：依据《广州市城市开发建设项目海绵城市建设—洪涝安全评估技术指引》，结合积水水深 h、流速 v 及水深流速乘积 hv 3 项指标，划分内涝风险等级（低、中、高），具体标准见表 1。

2.2　数学耦合模型构建

为精准模拟研究区雨洪产汇流、管网排水、地表

表 1　城市建设用地洪涝风险等级划分标准[4]

风险图类型	建设用地风险等级		
	低	中	高
洪水风险图	hv<0.3 且 h<0.12 且 v<0.27	0.3≤hv<1.2 且 0.12≤h<1.1 且 0.27≤v<2.6	hv≥1.2 或 h≥1.1 或 v≥2.6
内涝风险图	0.3≤h<0.5	0.5≤h<1.0	h≥1.0
对人的影响	对部分人（老人、孩子等）的行动有威胁	对大部分人的行动有威胁	对所有人的行动均有威胁

注：h 为水深，m；v 为流速，m/s；hv 为水深和流速的乘积，m²/s。

漫流及河道洪水演进的全过程，本文构建一维河网-二维地表—管网耦合水力数学模型，采用 MIKE FLOOD 实现模型耦合，模型整体架构包括一维河网模型、二维地表漫流模型、管网水力模型三部分。

2.2.1　一维河网模型

针对研究区周边金坑河、兴丰坑涌构建一维河网模型，采用圣维南方程组描述河道水流运动：

连续性方程：$$\frac{Q}{\partial x}+\frac{\partial A}{\partial t}=q$$

动量方程：$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\alpha\frac{Q^2}{A}\right)+gA\frac{\partial h}{\partial x}+g\frac{Q|Q|}{C^2AR}=0$$

式中：A 为过水断面面积，m²；Q 为流量，m³/s；q 为旁侧入流，m³/s·m；h 为水位，m；g 为重力加速度，m/s²；n 为曼宁糙率系数；R 为水力半径，m；t 为时间，s；x 为沿河道距离，m。

模型上游边界采用设计洪水过程线，下游边界采用水位流量关系曲线；金坑河 20 年一遇水位为 97.0 m，兴丰坑涌 20 年一遇水位为 88.2 m，作为模型计算的起推水位。

2.2.2　二维地表漫流模型

基于数字高程模型（DEM），采用不规则三角网（TIN）对研究区进行网格剖分，共剖分 38 982 个网格、19 781 个节点，网格尺寸根据地形复杂度自适应调整，确保模拟精度。二维地表漫流模型采用浅水波方程描述水流运动。采用守恒形式的二维浅水方程：

$$\frac{\partial U}{\partial t}+\frac{\partial E_{\mathrm{adv}}}{\partial x}+\frac{\partial G_{\mathrm{adv}}}{\partial y}=\frac{\partial E_{\mathrm{diff}}}{\partial x}+\frac{\partial G_{\mathrm{diff}}}{\partial y}+S$$

式中：U 为守恒向量；E_{adv}、G_{adv} 分别为 χ、y 方向的对流通量向量；E_{diff}、G_{diff} 分别为 χ、y 方向的扩散通量向量；S 为源项向量。

$$U=\begin{bmatrix}h\\hu\\hv\end{bmatrix}\quad \boldsymbol{S}=\begin{bmatrix}0\\g(h+b)S_{0x}\\g(h+b)S_{0y}\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}0\\-ghS_{fx}\\-ghS_{fy}\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}r-i\\0\\0\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}0\\S_{wx}\\S_{wy}\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}0\\fhv\\-fhu\end{bmatrix}$$

$$E_{\mathrm{adv}}=\begin{bmatrix}hu\\hu^2+\frac{1}{2}g(h^2-b^2)\\huv\end{bmatrix}\quad G_{\mathrm{adv}}=\begin{bmatrix}hv\\huv\\hv^2+\frac{1}{2}g(h^2-b^2)\end{bmatrix}$$

$$E_{\mathrm{diff}}=\begin{bmatrix}0\\2h\nu_t\frac{\partial u}{\partial x}\\h\nu_t\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)\end{bmatrix}\quad G_{\mathrm{diff}}=\begin{bmatrix}0\\h\nu_t\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)\\2h\nu_t\frac{\partial v}{\partial y}\end{bmatrix}$$

式中：h 为水深；u、v 分别为垂直方向平均流速在 χ、y 方向的分量；b 为底高程；r 为降雨强度；i 为入渗强度；v_t 为水平方向的紊动黏性系数；g 为重力加速度；S_{fx}、S_{fy} 分别为 χ、y 方向的摩阻斜率；S_{0x}、S_{0y} 分别为 χ、y 方向的底坡斜率。

模型中地表糙率系数根据土地利用类型确定：建筑用地 0.015~0.025，绿地 0.03~0.05，道路 0.012~0.018。

研究范围地形地貌示意见图 3。

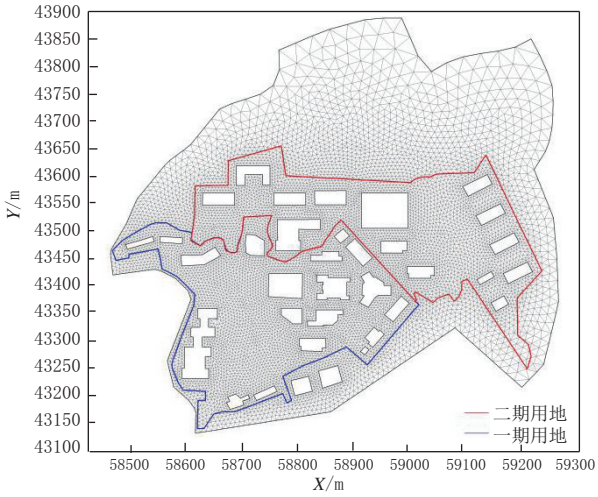


图 3　研究范围地形地貌示意图

2.2.3　管网水力模型

采用 SWMM 模型构建研究区排水管网水力模型，将研究区划分为 48 个子汇水区（H1~H48），子汇水区面积介于 0.1~7.33 hm²之间（见表 2）。模型采用暴雨径流管理模型模拟子汇水区产流与汇流过程，产流计算采用霍顿下渗公式，汇流计算采用运动波法。模型边界条件：管网出水口汇入金坑河，按 20 年一遇水位 97.0 m 控制。片区子汇水区分布见图 4。

2.2.4　模型耦合与验证

通过 MIKE FLOOD 交互实现一维河网模型、二维地表漫流模型与管网水力模型的耦合：（1）管网模型与二维地表模型耦合：当检查井水位超过地面高

表 2　片区子汇水区统计　　单位：hm^2

子汇水区	面积	子汇水区	面积	子汇水区	面积
H1	0.49	H17	1.01	H33	0.41
H2	0.65	H18	0.41	H34	0.1
H3	0.25	H19	0.28	H35	0.39
H4	0.92	H20	0.27	H36	0.41
H5	0.82	H21	0.35	H37	0.25
H6	0.69	H22	0.53	H38	0.33
H7	0.52	H23	0.31	H39	0.35
H8	0.27	H24	0.44	H40	0.32
H9	0.34	H25	0.49	H41	0.47
H10	1.61	H26	0.25	H42	0.27
H11	1.00	H27	0.28	H43	0.35
H12	0.77	H28	0.89	H44	0.7
H13	0.51	H29	0.62	H45	0.7
H14	0.82	H30	0.39	H46	1.03
H15	0.32	H31	0.43	H47	7.33
H16	0.47	H32	0.43	H48	3.86



图 4　片区子汇水区分布图

程时，管网溢流水作为二维地表模型的入流；二维地表积水通过雨水口汇入管网，作为管网模型的入流。(2)一维河网模型与管网模型耦合：管网出水口水位受河道水位控制，当河道水位高于管网出水口高程时，形成顶托作用，影响管网排水能力。

采用 2020 年广州“5・22”特大暴雨历史事件对耦合模型进行验证，该次暴雨重现期约 50 年一遇，最大 1 h 雨强为 85 mm，最大 3 h 雨强为 156 mm。通过实地调查获取研究区该次暴雨的积水范围、积水深度、积水时长等实测数据，将模型模拟结果与实测数据进行对比分析。

验证结果表明：模型模拟的积水范围与实测范围的重合度达 92%，积水深度的平均相对误差为 8.5%，积水时长的平均相对误差为 7.2%，模拟误差均小于 10%，满足内涝风险评估的精度要求，模型可用于后续 100 年一遇暴雨情景下的内涝风险模拟与治理方案效果评估。

3　现状内涝风险评估与成因分析

3.1　现状内涝风险模拟结果

基于构建的耦合数学模型，对研究区现状（一期已建、二期未建）100 年一遇暴雨情景下的内涝风险进行模拟，结果表明：研究区现状内涝问题突出，主要表现为积水范围大、积水深度深、持续时间长。具体特征如下：

(1)积水范围广：内涝积水总面积达 8.2 hm^2，占研究区总面积的 22.1%；

(2)积水深度大：积水区域的平均积水深度 0.65 m，局部区域最大积水深度达 1.2 m，超过高风险内涝的阈值（h≥1.0m），主要集中在二期用地北侧山洪汇流口与一期管网瓶颈段周边；

(3)积水时间长：大部分积水区域的积水时长超过 2 h，二期北侧山脚区域积水时长达 4 h 以上，远超过《城镇内涝防治技术规范》的要求（积水时长不大于 1 h）；

(4)风险等级：根据风险等级划分标准，研究区高风险区域面积 1.25 hm^2，占比 15.3%，中风险区域面积 0.56 hm^2，占比 6.8%，低风险区域面积 6.39 hm^2，占比 77.9%，整体内涝风险等级为高风险（见图 5、图 6）。

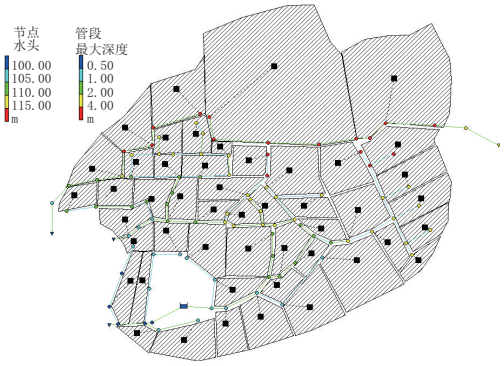


图 5　现状 100 年一遇降雨管道水头结果图

3.2　内涝成因分析

结合耦合模型模拟结果，从排水系统、地形汇流、下垫面特征、调蓄能力分析现状内涝形成的核心成因，具体如下：

3.2.1　排水系统承载能力不足

一期用地现状排水管网按原办学规模（1.0=万人）设计，管径为=DN400~DN600，二期建设后汇水范围扩大 30%，但现状管网未进行扩容，管网排水能力与汇水需求严重不匹配，管网瓶颈段的过流能力仅为设计需求的 60%。同时，一期与二期管网的衔

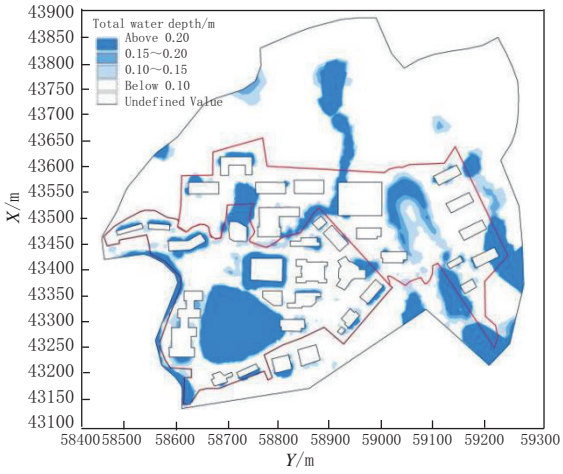


图 6　现状 100 年一遇降雨积水结果图

接段坡度不足（0.1%<0.3%），管内水流速度仅 0.3 m/s，易形成淤积与壅水，导致雨水无法及时排出，最终形成管网溢流与地表内涝。

3.2.2　山地地形高差显著，竖向衔接不畅

研究区地势高差达 38.9 m，平均坡度 15°，二期用地与一期用地之间存在 5~8 m 的地形高差，现状竖向设计未考虑汇流路径优化，雨水从二期山地汇流至一期平坦区域时，因地形突变形成局部壅水，壅水区域的积水深度较周边增加 0.3~0.5 m。同时，研究区呈北高南低的单一汇流格局，所有雨水均向南侧金坑河排水口汇流，形成“单点汇流”，排水压力高度集中，进一步加剧了壅水与内涝。

3.2.3　山洪威胁突出，汇流速度快

研究区北侧紧邻山体，山体汇水面积约 12 hm^2，暴雨期山地汇流的汇流时间短（15~20 min）、流速快（最大 3.2 m/s）、洪峰流量大，现状未设置任何山洪截排设施，山洪直接漫溢至二期用地北侧区域，形成局部深积水与高速水流，不仅加剧了内涝，更带来了严重的人员安全风险。

3.2.4　下垫面硬化率高，调蓄能力有限

一期用地建筑与道路占比达 75%，下垫面不透水率高，径流系数介于 0.7~0.9 之间，暴雨期产流量大，汇流速度快；同时，一期用地中心的生态湖调蓄容积仅 1 500 m^3，对扩大后的汇水范围而言，调蓄能力仅为需求的 40%，无法有效削减降雨峰值，雨水经生态湖调蓄后仍形成洪峰，超出管网排水能力，最终形成内涝。

4　应对策略与措施

4.1　治理方案优化思路

基于研究区内涝成因的深度解析，遵循"源头减排、过程控制、末端治理、山洪截排"的综合治理理念，结合地形特征与项目规划需求，提出“竖向衔接优化+排水管网扩容+截洪沟布设+海绵设施”应对措施。具体措施见表 3。

表 3　内涝治理方案具体措施

治理维度	具体措施	技术参数	实施范围
竖向衔接优化	高程梯级划分	3 个高程梯级（120~125 m、110~115 m、100~105 m）	二期用地全域
	地形坡度优化	控制在 5°~8°	二期用地汇流区域
排水管网扩容	新建排水管网	管径 DN800~DN1000，总长 2.8 km	二期用地主要道路
	管网接驳	与一期现状管网衔接，形成干支管网系统	一期与二期用地交界处
截洪沟布设	东侧截洪沟	断面 1.5 m×1.5 m，总长 0.7 km，设计流量 12 m^3/s	北侧山体东侧边缘
	西侧截洪沟	断面 1.5 m×1.5 m，总长 0.5 km，设计流量 10 m^3/s	北侧山体西侧边缘
海绵设施	透水铺装	面积 1.2 hm^2，透水系数不小于 1×10^{-4} m/s	二期用地道路、广场
	下沉式绿地	面积 0.8 hm^2，下凹深度 0.15~0.2 m	二期用地绿地区域
	雨水花园	6 处，单处面积 500~800 m^2	二期用地角落区域
	调蓄容积	总调蓄容积 3 053 m^3	海绵设施全域

4.1.1　竖向衔接优化

统筹一期与二期用地竖向设计，采用“分级汇流、梯度排水”模式：将二期用地划分为 3 个高程梯级（120~125 m、110~115 m、100~105 m），每个梯级设置独立汇流系统，通过地形坡度优化（控制在 5°~8°），引导雨水有序汇流至管网系统，避免局部壅水。

4.1.2　排水管网扩容

沿二期用地主要道路新建 DN800~DN1000 排水管网，总长 2.8 km，与一期用地现状管网接驳，形成“干支结合、多点排放”的排水系统。管网设计采用重力流排水方式，最小设计坡度 0.3%，确保管内水流速度控制在 0.6~1.5 m/s 之间，避免淤积。

4.1.3　截洪沟布设

按照"高水高排、低水低排"原则，在研究区北侧山体边缘与二期用地交界处，布设东、西两条截洪沟（断面尺寸 1.5 m×1.5 m），总长 1.2 km，拦截北侧山洪，直接排入金坑河，避免山洪侵入校园。截洪沟采用浆砌石结构，曼宁糙率系数 0.025，设计流量按 100 年一遇山洪流量确定（东侧截洪沟 12 m^3/s，西侧截洪沟 10 m^3/s）。

4.1.4　海绵设施

落实海绵城市建设理念，在二期用地内布置透

水铺装、绿色屋顶、下沉式绿地、雨水花园等海绵设施，总调蓄容积3 053 m³。其中：透水铺装面积1.2 hm²，占道路总面积的40%；下沉式绿地面积0.8 hm²，设计下凹深度0.15~0.2 m；雨水花园6处，单处面积500~800 m²，有效削减降雨峰值流量（削减率达30%）。

4.2 治理效果评估

4.2.1 积水范围显著缩减

基于耦合数学模型，对治理方案进行100年一遇暴雨情景下的内涝模拟，评估治理效果，治理后研究区积水总面积为2.9 hm²，较现状缩减65%，积水区域主要集中在局部低洼地带（见图7、图8），且无高风险区域分布。根据风险等级划分标准，治理后研究区全部为低风险区域，内涝风险等级从高风险降至低风险，完全满足项目建设与运营的安全需求。

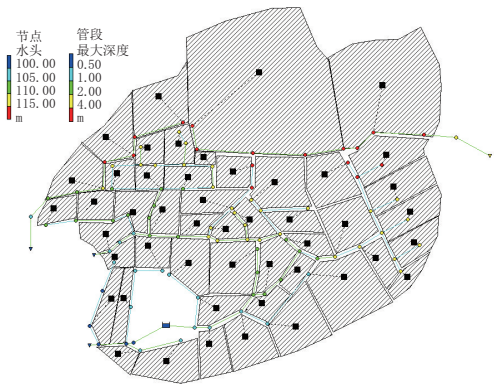


图7 规划措施下100年一遇降雨管网结果图

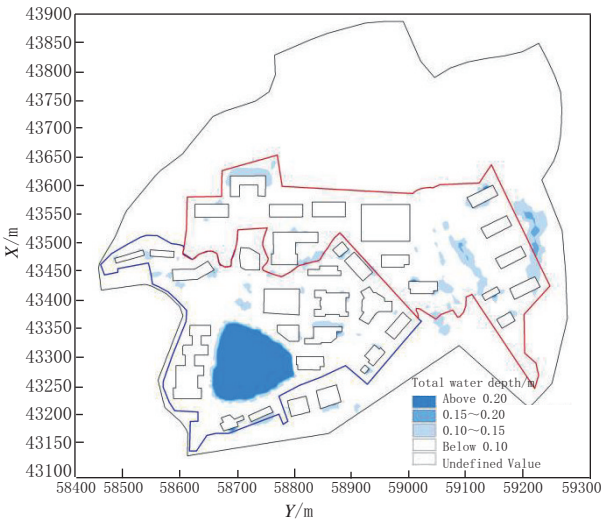


图8 规划措施下100年一遇降雨积水结果图

4.2.2 积水深度与时长达标

治理后所有积水区域积水深度均不大于0.15 m，积水时长均不大于30 min，满足《城镇内涝防治技术规范》中“小雨不积水、大雨不内涝”的要求。

4.2.3 排水系统运行稳定

管网最大充满度为0.75，未出现溢流现象；截洪沟最大水位低于设计水位0.2 m，山洪拦截效果显著；海绵设施总削峰率达30%，有效降低了排水系统负荷。规划措施100年一遇水位图见图9至图12。

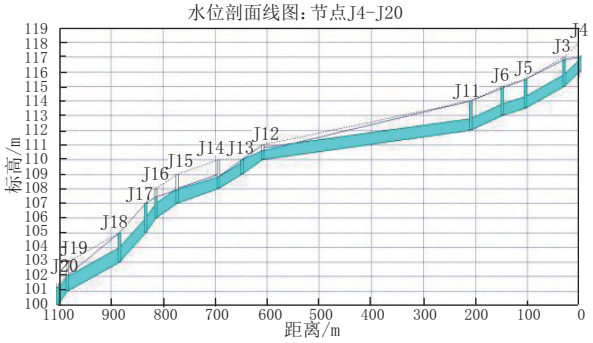


图9 规划措施100年一遇降雨南侧管道水位图

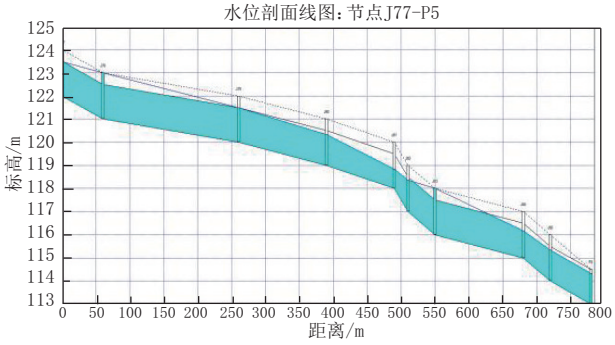


图10 规划措施100年一遇降雨东侧截洪沟水位图

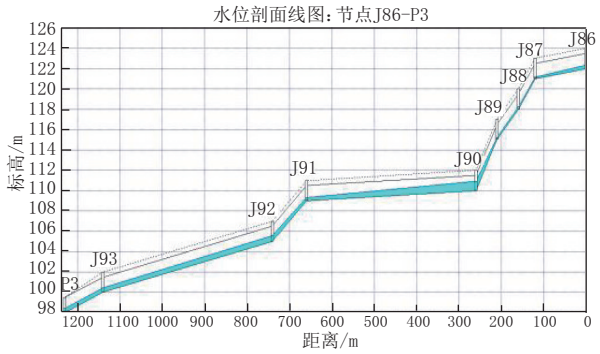


图11 规划措施100年一遇降雨西侧截洪沟水位图

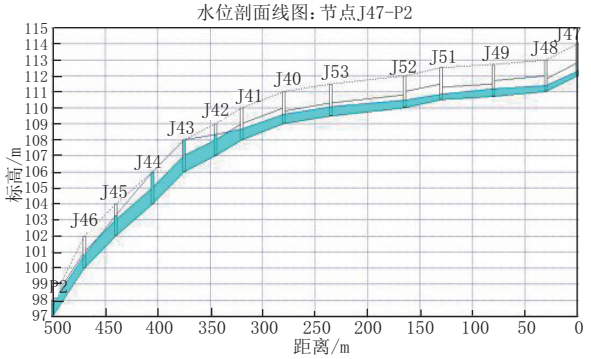


图12 规划措施100年一遇降雨西侧管道水位图

5 结 语

本文以广州东华职业学院二期建设项目为城市建设案例，构建一维河网—二维地表—管网耦合水

力数学模型，开展规划阶段洪涝安全评估、成因分析与治理策略措施，得出以下结论：

（1）在城市建设控制性详细规划阶段开展洪涝安全评估，通过耦合水力模型实现内涝风险的精准识别，是源头管控内涝风险的有效手段，可避免城镇化过程中内涝防治提标改造空间不足、治理成本高的问题，为城市建设项目提供科学依据；

（2）以广州东华职业学院项目为例，方案实施后，研究区在 100 年一遇暴雨情景下的积水范围缩减 65%，积水深度不大于 0.15 m，积水时长不大于 30 min，山洪拦截效率达 100%，内涝风险等级从高风险根本性转变为低风险，可有效抵御 100 年一遇暴雨事件；

（3）本文构建的一维河网-二维地表-管网耦合水力模型具有较高的模拟精度，模型参数、边界条件、求解方法明确，研究方法与技术路线可为同类城市建设项目的内涝风险评估提供参考。

参考文献：

[1] 王浩，王佳，刘家宏，等. 城市水循环演变及对策分析[J]. 水利学报，2021，52(1)：3-11.
[2] 陈洋波，覃建明，董礼明，等. 广州内涝形成原因与防治对策[J]. 中国防汛抗旱，2017，27(5)：72-76.
[3] 邝敏毅，邓兴栋，朱理铭，等. 洪涝风险管控从空间总体规划向控规传导—广州的实践与探索[J]. 水利学报，2022，53(7)：779-788；797.
[4] 代志伟，毛中豪，郑嘉璇，等. 快速城镇化形势下广州市洪涝安全评估—以从化小海河片区为例[J]. 中国防汛抗旱，2022，32(2)：1-7；13.
[5] 广州市规划和自然资源局. 广州市城市开发建设项目海绵城市建设—洪涝安全评估技术指引[Z].2020.
[6] 卓小燕，孙翔. 基于 MIKE 模型的城市内涝风险评估与整治方案效果研究[J]. 水利规划与设计，2023(10)：34-40.
[7] 杨斌，赵睿. 基于 SWMM 模型的城市暴雨洪水模拟与分析[J]. 水利信息化，2017(5)：56-62.
[8] 侯俊，陈诚，郑玉磊，等. 基于 MIKE FLOOD 模型的平原水网地区内涝治理效果模拟研究[J]. 水利水电科技进展，2024(6)：41-47.
[9] 张闯，黄河，蒋水华，等. 城市内涝洪水演进模拟及影响分析——以江西省某城市片区为例[J]. 水资源与水工程学报，2024(6)：23-32.
[10] 俞孔坚，李迪华，袁弘，等. 海绵城市建设的生态基础设施途径[J]. 自然资源学报，2015，30(11)：1892-1902.
[11] GB 51222—2017 城镇内涝防治技术规范 [S].
[12] 赵冬泉，陈吉宁，佟庆远，等. 城市内涝防治规划中的关键技术与方法[J]. 给水排水，2018，54(1)：1-7.

（上接第 265 页）

术[J]. 岩土工程学报，2021，43(2)：201-225.
[18] 孟凡琳. 充泥管袋在围海造地工程封堵龙口中的应用[J]. 山西建筑，2007(19)：364-368.
[19] 束一鸣. 我国管袋坝工程技术进展[J]. 水利水电科技进展，2018，38(1)：1-11.
[20] 舒叶华，季永兴. 上海市海塘维修养护技术规程编制解析[J]. 水利技术监督，2020，28(6)：1-3；28.
[21] 林益帆，戴志军，谢华亮，等. 长江河口近底层悬沙和沉积物的交换过程研究[J]. 海洋学报，2014，36(7)：99-110.
[22] DG/T J08-2111—2012 滩涂促淤圈围造地工程设计规范 [S].