

Infoworks ICM 在防灾避险公园海绵化改造中的应用

童祯恭¹, 刘卓尧¹, 王滢², 周小伟², 杨竞²

(1. 华东交通大学土木建筑学院, 江西 南昌 330013; 2. 江西省城乡规划设计研究总院, 江西 南昌 330000)

摘要:以防灾避险公园海绵化改造工程为背景,以年径流总量控制率、污染物总量控制率为总目标,针对防灾避险公园海绵化改造制订改造方案。海绵化改造主要以低影响开发改造为主,运用 Infoworks ICM 软件对公园构建传统开发模型和低影响开发(LID)模型,针对 ICM 中 LID 设施模块,对模型中的 LID 设施设计进行布局、规划等。结果表明,在公园内应用一定规模的 LID 设施(透水铺装、植草沟、雨水花园和绿色屋顶分别占公园总面积的 9.8%, 1.6%, 4.7% 和 0.2%, 总计约为 16.3%), 公园可达到预期目标;对比于传统模式,LID 设施的加入有效提高了年径流总量控制率和污染总量控制率。

关键词:海绵化改造;模型模拟;低影响开发;Infoworks ICM

中图分类号:TU986 **文献标志码:**A

本文引用格式:童祯恭,刘卓尧,王滢,等. Infoworks ICM 在防灾避险公园海绵化改造中的应用[J]. 华东交通大学学报,2021,38(1):36-40.

The Application of Infoworks ICM in Sponge Transformation of Disaster Prevention and Risk Prevention Park

Tong Zhengong¹, Liu Zhuoyao¹, Wang Ying², Zhou Xiaowei², Yang Jing²

(1. School of Civil Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 30013, China;

2. Jiangxi Province Urban and Rural Planning and Design Research Institute, Nanchang 330000, China)

Abstract: With disaster prevention and risk reduction as the engineering background, taking the total annual runoff control rate and total pollutant control rate as the overall target, the reconstruction plan was made for the sponge transformation of the park. The sponge transformation mainly focuses on low-impact development and transformation. Using Infoworks ICM software to construct traditional development model and low impact development (LID) model for parks, for the LID facility module in ICM, layout and planning for LID facility design in the model. The simulation results show that LID facilities of certain scale (permeable pavement, grass ditch, rainwater garden and green roof account for about 9.8%, 1.6%, 4.7% and 0.2% of the total area of the park respectively, with a total of about 16.3%) are applied in the park, the park can achieve the desired objectives; compared with the traditional model, the addition of LID effectively improves the annual runoff and pollution control rates.

Key words: sponge transformation; model to simulate; low-impact development; Infoworks ICM

Citation format: TONG Z G, LIU Z Y, WANG Y, et al. The Application of infoworks ICM in sponge transformation of disaster prevention and risk prevention park[J]. Journal of East China Jiaotong University, 2021, 38(1): 36-40.

收稿日期: 2020-12-03

基金项目: 江西省重点研发计划一般项目(20192BBGL70046)

作者简介: 童祯恭(1972-), 男, 教授, 博士, 硕士生导师, 研究方向为给水处理理论与技术。E-mail: zzzggt@126.com。

通信作者: 刘卓尧(1995-), 男, 硕士研究生, 研究方向为给水处理理论与技术。E-mail: 872289081@qq.com。

最早在 1978 年颁布的日本第二次《城市公园建设五年计划》中,创立了避灾公园这个概念^[1]。国内防灾公园的概念在 2007 年出台的《城市抗震防灾规划标准》中,将其定义为“城市中满足避震疏散要求、可有效保证疏散人员安全的公园”^[2]。所以国内的公园建设主要是以生态效应、防灾避险和景观设计 3 个方面为主^[3]。

现如今,公园绿地主要以低影响开发 (low impact development, LID)^[4]设施建设为主,在不破坏生态的前提下,雨水被 LID 设施吸收和利用,使公园更具“海绵化”^[5]。LID 也在美国、加拿大和我国等许多国家得到广泛应用与发展^[6-7]。在国内关于 LID 设施有许多的研究,刘昌明等^[8]研究表明多种 LID 设施的实施建设使得常德市 90% 地块均能达到控制目标;蔡庆拟等^[9]通过 SWMM 模型软件对道路上 LID 设施建模,得出了雨水花园对径流洪峰流量和径流系数的削减效果最好的结论;王雯雯等^[10]通过 SWMM 模型,分析了城市开发中,不同 LID 设施对城市水文循环的影响,LID 设施可以有效避免城市内涝的出现;李沐寒等^[11]运用 GIS 和 SWMM 模型构建 LID 设施方案,通过 5 场降雨模拟,将结果比对,分析得出最优方案,为海绵城市建设提供参考;黄子千等^[12]通过 Infoworks ICM 软件对济南市某路段洪涝过程构建模型,研究不同重现期和设计雨型对区域积水的影响。SWMM 模型^[13-14]和 Infoworks ICM^[15]针对城市道路降雨径流模型模拟的研究已较为广泛,但是 Infoworks ICM 模型针对 LID 设施的设计及效果评估的应用国内相对较少。Infoworks ICM 软件有 LID 设施模块,对 LID 设施进行设计及模拟计算,可以实现 LID 设施对径流量、径流控制率和污染物控制率的效果模拟与评估。运用 Infoworks ICM 对传统模式和 LID 模式进行模拟,确定并优化公园开发中 LID 设施的布局及规模。

1 研究概况

1.1 区域概况

吉安市中心城区位于吉安市中部,防灾避险公园位于后河中段区域,现状用地以居住、公建商业用地、农田为主,建成区现状年径流总量控制率约为 53%。规划以居住、公建商业用地、绿地为主。该地气候年平均气温为 18.3 °C,历年平均晴日 44 d,阴日 184 d,日照时数为 1 821.8 h,无霜期 285 d。全

市风向受季节影响变化显著,全年主导风向为北风。

1.2 避险公园现状

防灾避险公园占地面积为 $21.12 \times 10^4 \text{ m}^2$,其中水面面积为 $8.4 \times 10^4 \text{ m}^2$,陆地面积 $12.63 \times 10^4 \text{ m}^2$ 。防灾避险公园场地在后河两侧,整体呈现南高北低,东西高中间低,地块设计标高在 46~52.44 m;整体坡度较大,局部较为平坦,坡度多在 $1^\circ \sim 8^\circ$ 。

2 工程改造研究方案

2.1 方案总体思路

方案总体思路为:① 对公园现状地块、雨水子流域等进行分析,确定公园内 LID 的设施;② 充分考虑公园的景观、布局和经济性等因素,对公园 LID 进行初步的方案布局,并构建传统模式和 LID 设施模式两种模型,进行拟算;③ 根据结果与设计目标进行对比,运用模型软件进行模拟试算,调整方案的 LID 规模,最终达到最优方案。

2.2 雨水分区划分

根据现场地块、地形及排水管道分布情况,将流域划分为 20 个分区,以便更细致、切合实际地进行 ICM 的模型下垫面构建,具体分析不同的分区。

2.3 下垫面分析

本项目传统开发模式下区域总面积为 $154\ 695 \text{ m}^2$,根据现有数据,将土地利用分为现状透水铺装、硬质铺装、绿化、屋顶、水体 5 类。其中项目内各分区用地性质及面积根据实际统计如图 1 所示。根据下垫面解析情况,在所有分区中,公园现有的绿化用地偏多,其次是硬质铺装,水体主要集中在分区 8 和分区 16,现状的透水铺装主要分布在分区 3 和分区 16。公园总体的透水区域占比大概在 70%,属于绿化基础条件较好的公园。

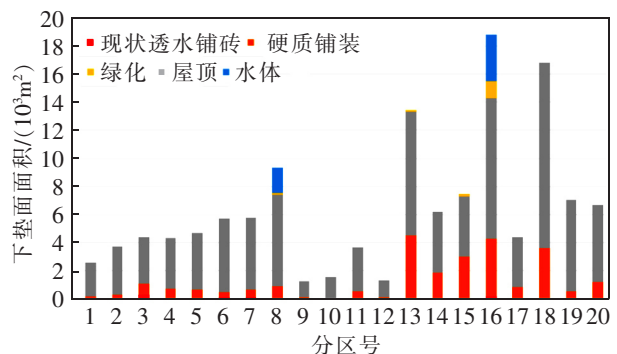


图 1 分区下垫面解析

Fig. 1 Analysis of underlying surface of partition

2.4 低影响开发设施的选择和布置

结合公园现场勘测、水文地质、雨水排水系统等资料,充分考虑防灾避险的需要,再根据研究表明,植草沟+透水铺装+绿色屋顶+雨水花园的组合方案潜力最大^[1],故筛选出这4种作为本项目公园的LID设施。根据地区可改造的透水区域、屋顶,再结合防灾避险房屋建设和雨水花园设施的选取,初步将方案确定为公园现有的硬质铺装换为透水铺装,并结合现有情况,在雨水花园附近修建植草沟,植草沟将雨水引流至雨水花园处理。

3 模型构建

3.1 模型体系构建

采用ICM水力模拟软件对该项目进行模型构建,分别构建传统模式和LID设施模式两种模型,方便与之对比,调整方案。将现有的地下管网资料和现有的规划资料等数据整理好后,通过模型的数据导入中心将管道和节点数据导入模型中,接着导入5 min典型年设计降雨数据。

3.2 传统模式下模型参数取值

产汇流表面参数取值情况具体如表1所示。

表1 模型参数取值
Tab.1 Model parameter values

径流量类型	产流表面类型	表面类型	Horton 初渗率/ (mm/h)	Horton 稳渗率/ (mm/h)	Horton 衰减率/ (1/h)	Horton 恢复率/ (1/h)
Horton	透水铺装	Pervious	23.000	0.420	5.400	96.000
Horton	绿地	Pervious	23.000	6.700	5.400	96.000
Horton	绿色屋面	Pervious	23.000	2.400	5.400	96.000

传统模式下,根据下垫面的现状分析情况,不同下垫面类型选择对应的产流表面。产流表面设置包括径流量类型和表面类型,其中雨水在下垫面的流动主要运用ICM模型水文模块。雨水的初期损失值一般差距较小,这次模拟就不考虑初期损失值的影响;产流模型中,不透水和透水面积构成了产流表面,此次模型模拟中,透水下垫面采用霍顿模型法,霍顿模型中需要设置初渗率、稳渗率、衰减率和恢复率这4个关键参数,具体取值如表1所示,非透水下垫面采用固定径流系数法,采用0.9的固定径流系数;汇流模型采用SWMM汇流模型,汇流参数取0.03。(依据模型手册、《室外排水设计规范》及相关文献得到参数的取值)。本项目用地主要分为硬地、屋面、透水铺装、绿地和绿色屋面5类,其中绿地和绿色屋面为透水区域,其它均为不透水面积。

3.3 LID模式下模型的参数取值

本次模拟用4类不同的LID设施,透水铺装的

参数设定依据透水砖的材料与性质,再依据ICM软件手册、实际工程试验和参考文献,完成剩下3个LID设施参数的设定。

透水铺装中参数取值为厚度300 mm,孔隙比0.75,渗水速率1.8 mm/h;绿色屋顶中参数取值为厚度1.25 mm,孔隙率0.5,导水率1.5 mm/h,产水能力为0.2;雨水花园中参数取值为高度200 mm,植被容积分数0.15,表面粗糙度(即曼宁值)为0.15,表面坡度为1%;植草沟中参数取值为高度200 mm,植被容积分数0.5,表面粗糙度(即曼宁值)为0.24,表面坡度为0.4%。

4 模型运行结果及分析

4.1 传统模式模拟结果

导入5 min典型年的设计降雨数据同传统模式进行计算,各分区管控的计算指标结果如表2所示。

表 2 传统模式模拟结果
Tab. 2 Traditional model simulation results

分区编号	径流量/m ³	年径流总量控制率/%	污染总量控制率/%	分区编号	径流量/m ³	年径流总量控制率/%	污染总量控制率/%
1	745.23	81.50	61.13	11	2 336.32	60.54	45.40
2	1 103.76	61.13	60.68	12	363.28	81.92	61.44
3	1 963.35	71.26	53.44	13	7 672.00	63.40	47.55
4	1 588.69	76.30	57.22	14	3 043.86	68.47	51.35
5	1 663.81	77.93	58.45	15	4 510.03	61.00	45.75
6	1 651.01	80.88	60.66	16	7 823.11	74.94	56.20
7	1 860.92	79.18	59.39	17	1 762.39	74.26	55.70
8	4 601.50	68.24	51.18	18	6 926.34	73.57	55.18
9	377.90	79.92	59.94	19	2 052.84	81.20	60.90
10	349.47	84.17	63.13	20	2 548.98	75.44	56.58

根据表 2 数据,对传统模式下的公园雨水管控效果进行分析。在划分的 20 个分区中,7 个分区的年径流总量控制率达到预期 78% 的控制率目标,仍然有 13 个分区的年径流总量控制率需要提高。对于 13 分区、15 分区和 18 分区,径流量是传统模式下最高的 3 块分区,可以增设雨水花园,提高分区对径流量的削减率。在传统模式下,分区的污染物控制率平均为 54.67%,公园在不增设 LID 设施的情况下,污染物整体控制情况能够达标,公园内生态本底较为良好,所以,在不破坏现有绿化前提下增设 LID 设施,降低雨水径流量,提高公园的年径流控制率,以达到设计目标。

4.2 LID 设施模拟结果

根据传统模式的结果,有必要增设 LID 设施降低雨水径流量,提高控制率。根据公园现状,公园增设 4 类 LID 设施,对于不增设雨水花园的分区,雨水径流在公园内的流动过程:流入透水铺装(或绿色屋顶)后,再流入植草沟,最后流入公园旁的后河;对于增设雨水花园的分区,雨水径流流入透水铺装(或绿色屋顶),再流入植草沟,植草沟将径流引流至雨水花园内,除去下渗和蒸发的部分,剩余部分进入调蓄池后,再流入后河。接着导入 5 min 典型年的设计降雨数据对 LID 模式进行计算,经过多次调整和优化,LID 模式下的模拟计算结果如表 3 所示。

表 3 LID 模拟结果
Tab.3 LID simulation results

分区编号	径流量/m ³	年径流总量控制率/%	污染总量控制率/%	分区编号	径流量/m ³	年径流总量控制率/%	污染总量控制率/%
1	745	81.62	65.00	11	1 303	78.13	58.60
2	1 104	81.03	60.77	12	363	82.04	61.53
3	1 104	80.62	60.47	13	3 591	84.50	63.37
4	1 526	77.37	58.03	14	1 768	81.80	61.35
5	1 526	78.26	58.70	15	1 521	86.94	65.20
6	1 526	81.36	61.02	16	8 565	85.90	64.43
7	1 526	79.31	59.48	17	1 656	75.96	56.97
8	2 760	81.07	60.81	18	3 591	81.09	60.82
9	378	80.04	60.03	19	2 053	81.32	60.99
10	346	84.43	63.32	20	2 420	76.83	57.62

根据表3的结果,将LID模式下的结果同传统模式下的结果进行对比,传统模式下的径流总量为54 944.79 m³,2个控制率指标分别为72.90%,54.67%;LID模式下的径流总量为39 371 m³,2个控制率分别为80.31%,60.31%。经过改造后LID设施对径流总量的削减效果较为明显,径流总量削减了28.34%,实现了公园内雨水从源头削减的效果,2个控制指标也达到了设计前的目标。

4.3 LID设施整体布置

公园内LID的最终方案布置图如图2所示,其中透水铺装为18 704 m²,约占公园地块的9.8%;雨水花园为6 084 m²,约占公园地块的4.7%;植草沟为2 033.2 m,约占公园地块的1.6%;绿色屋顶为252 m²,约占公园地块的0.2%。

公园内的地块面积约为12.63 m²,分别用5种LID设施进行建设。从公园最终方案的结果可以看出,LID设施仅占公园地块面积的16.3%,在达到目标效果,保证经济型的同时,又完成了改造目标。

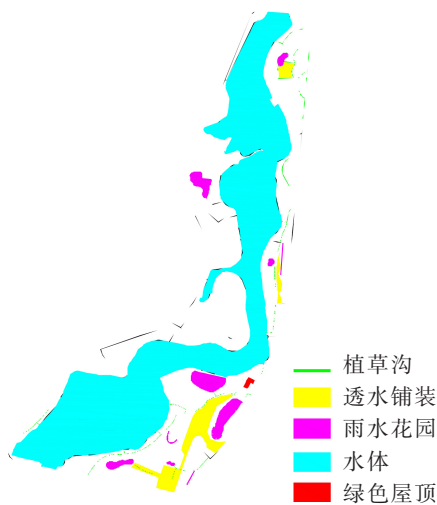


图2 方案总体布置图

Fig.2 Overall layout of the scheme

5 结论

1) 采用Infoworks ICM模型软件有效模拟了低影响开发模式的公园水文形态,为后续城市中绿色公园的建设提供了一定的技术支持;

2) 项目分别构建了两种模型,通过传统模式和LID模式的对比分析,在公园内增设一定规模的透水铺装、植草沟、绿色屋顶和雨水花园,便可达到项目设计目标;

3) 在考虑了公园内整体的景观、资源的利用和

成本维护等因素后,低影响开发设施的规模不需要太大。通过对公园内地块的LID设施统计,得出了该项目中的LID设施占比仅为项目地块的16.3%。在保证目标达到的同时,对整体公园的LID设施布局进行优化,展示出ICM模型模拟分析的优点。

参考文献:

- [1] 增田昇,李婷,钱瑾,等.日本城市避灾公园体系概述[J].景观设计学(英文版),2014,2(4):52-60.
- [2] 任家仪.城市综合公园避震减灾功能评价研究[D].广州:华南理工大学,2018.
- [3] 杨雪澜,陈齐平.城市公园景观重构与地域文化传承[J].华东交通大学学报,2014,31(6):119-125.
- [4] 杨桦.浅析低影响开发理论体系及其在北京的应用[D].北京:北京林业大学,2014.
- [5] YIN D, CHEN Y, JIA H, et al. Sponge city practice in China: a review of construction, assessment, operational and maintenance[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 280: 2-5.
- [6] PYKE C, WARREN M P, JOHNSON T, et al. Assessment of low impact development for managing stormwater with changing precipitation due to climate change[J]. Landscape and Urban Planning, 2011, 103(2): 166-173.
- [7] AHIABLAME L M, ENGEL B A, CHAUBEY I. Effectiveness of low impact development practices: literature review and suggestions for future research [J]. Water Air & Soil Pollution, 2012, 223(7): 4253-4273.
- [8] 刘昌明,张永勇,王中根,等.维护良性水循环的城镇化LID模式:海绵城市规划方法与技术初步探讨[J].自然资源学报,2016,31(5):728-729.
- [9] 蔡庆拟,陈志和,陈星,等.低影响开发措施的城市雨洪控制效果模拟[J].水资源保护,2017,33(2):111-112.
- [10] 王雯雯,赵智杰,秦华鹏.基于SWMM的低冲击开发模式水文效应模拟评估[J].北京大学学报(自然科学版),2012,48(2):303-309.
- [11] 李沐寒,尹海伟,孔繁花,等.南京市鼓楼区LID空间配置与雨洪调控效益研究[J].水资源与水工程学报,2019,30(3):36-37.
- [12] 黄子千,庞博,任梅芳,等.基于Infoworks ICM的济南市少年路暴雨内涝模拟研究[J].北京师范大学学报(自然科学版),2019,55(1):164-170.
- [13] 胡爱兵,任欣欣,裴古中.采用SWMM模拟LID市政道路的雨洪控制效果[J].中国给水排水,2015,31(23):130-133.
- [14] 汤伟真,任欣欣,丁年,等.基于SWMM的市政道路低影响开发雨水系统设计[J].中国给水排水,2016,32(3):109-112.
- [15] 李永坤,薛联青,邸苏闯,等.基于Infoworks ICM模型的典型海绵措施径流减控效果评估[J].河海大学学报(自然科学版),2020,48(5):18-25.