

基于 MIKE & SWMM 的南昌市内涝分析及 LID 改造研究

许文斌¹,江竹青¹,袁翼¹,翟萌萌²,李 宁²,高佳玉²,李家科²

(1. 南昌市城市规划设计研究总院,江西 南昌 330038;

2. 西安理工大学西北旱区生态水利国家重点实验室,陕西 西安 710048)

摘要:老城区内涝问题已成为自然灾害研究领域的关注热点。以南昌市凤凰洲片区为例,建立 MIKE FLOOD 模型分析内涝风险及其成因,基于分析结果,利用 SWMM 模型进行 LID 布置及优化研究,采用层次分析法评估其综合效益,最终得到成本—效益最优方案。结果表明,降雨重现期为 5 年时,内涝积水点达到 16 处,部分地区内涝风险等级已达到Ⅳ级。可见进行城市内涝防治刻不容缓。LID 组合设施对缓解内涝效果较好,22.5%雨水花园+7.5%透水铺装为最优方案。研究成果可为后续海绵城市的低影响开发建设与设施比例选择提供技术参考。

关键词: MIKE; SWMM; LID 设施; 径流控制率; 层次分析法

中图分类号: TV21;X32 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7709(2023)01-0077-05

1 概况

南昌市为江西省省会,其暴雨天气主要在 4~8 月,连续性暴雨多出现在 6 月中下旬,属于江淮梅雨锋暴雨。以南昌市凤凰洲排水区(为老城区)为研究区,其汇水面积为 500 ha,辖区内建筑密度高,地势平坦,坡度较小,地面高程为 18.7~25.3 m。该区域雨水由市政排水管道汇集排入凤凰电排站前池,最终由凤凰闸或凤凰电排站电排入乌沙河。鉴于凤凰洲排水区内涝问题严重,拟构建研究区 MIKE FLOOD 及 SWMM 雨洪模型;设计不同降雨情景,基于 MIKE FLOOD 模型模拟结果分析研究区内涝风险;基于内涝风险分析结果,运用 SWMM 模型对研究

区 50 年情景下的内涝情况进行 LID 设施优化;运用层次分析法分析不同 LID 优化方案进行效益分析,选出最优方案,以期海绵城市的低影响开发建设提供参考。

2 模型构建

2.1 MIKE FLOOD 耦合模型构建及率定

研究区概化为 379 个汇水区,379 个节点,279 个圆管,100 个方涵,5 个排口。使用 MIKE 21 搭建二维地表漫流模型,二维模拟计算选用有限差分法,使用单一矩形网格剖分 DEM。网格大小为 5 m×5 m,建模区划分总网格数为 355 908 个。构建的城市管网和地表漫流交互的耦合内涝模型见图 1。

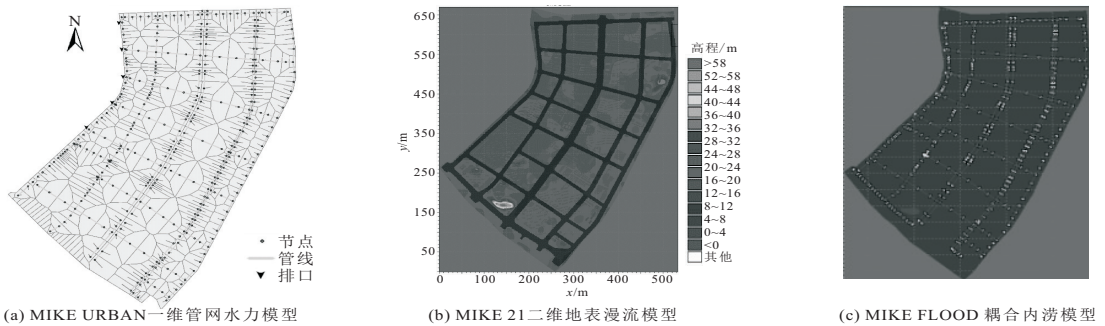


图 1 研究区 MIKE 模型

Fig. 1 MIKE model in the study area

收稿日期: 2021-11-16,修回日期: 2022-03-31

基金项目: 南昌市第二批科技计划项目(2020-NCGCZX-005)

作者简介: 许文斌(1989-),男,教授级高级工程师,研究方向为城市排水系统工程, E-mail: 993210512@qq.com

通讯作者: 李家科(1975-),男,教授、博导,研究方向为非点源污染控制与城市雨洪管理, E-mail: xaute_ljk@163.com

选取研究区 2021 年 6 月 10 日暴雨(图 2)及对应的实测内涝资料率定模型参数。该降雨历时为 24 h,降雨量为 79.4 mm,共调研 4 个积水点,以实测降雨资料作为模型的降雨边界,运行耦合模型,研究区“20210610”暴雨内涝区积水情况见表 1。模拟积水深度与实测积水深度的平均相对误差为 1.61%,说明所建模型能够准确模拟研究区的水文水动力过程。

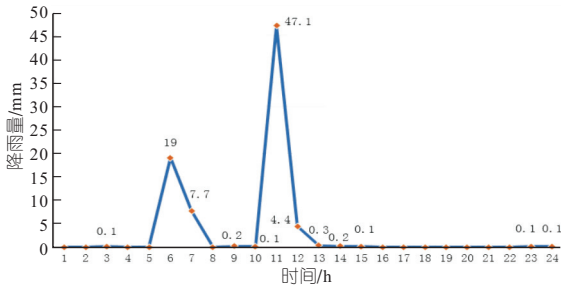


图 2 “20210610”降雨

Fig. 2 "20210610" rainfall

表 1 研究区“20210610”暴雨内涝区积水情况

Tab. 1 Statistics of water accumulation in the "20210610" storm waterlogged area in the study area

序号	易涝区名称	计算积水深度/cm	实际积水深度/cm	相对误差/%
1	丰和北大道长江路口	34.51	35	1.40
2	赣江北大道长江路口往南 150 米西侧积水	34.05	35	2.71
3	香江路维珍天使酒店进口处	34.71	35	0.83
4	丰和北大道濠江路路口	35.53	35	1.51
平均相对误差				1.61

2.2 SWMM 模型构建及 LID 参数设置

采用泰森多边形法进行子汇水区划分,依据实际管网分布概化节点、管线与排水口。由于缺乏实测资料,不能通过出水口实测数据进行模型参数的校准与验证,因此参考相似研究区—青山湖片区^[1]的海绵城市建设参数进行模拟计算,比较模型模拟计算得到的径流系数和综合径流系数经验值,手动调试校准模型参数。根据研究区用地性质,选择能代表绿地、屋面和路面的雨水花园、生态屋顶与透水铺装三种 LID 设施,单项设施内部参数取值见表 2。

为验证模型在不同降雨条件下的稳定性,模型采用重现期为 1、5 年的设计降雨进行参数验证,降雨历时为 120 min,两场降雨的模拟径流系数分别为 0.766、0.839,均满足高密度建筑区综合径流系数(0.60~0.85)的要求,可用于该区域的内涝模拟分析。南昌市暴雨强度公式为:

$$q = \frac{1598(1 + 0.69 \lg P)}{(t + 1.4)^{0.64}} \quad (1)$$

式中, q 为暴雨强度, $L/(s \cdot hm^{-2})$; P 为设计重

表 2 LID 单项设施内部参数取值

Tab. 2 LID internal parameter value of a single facility

分层	参数	雨水	生态	透水	
		花园	屋顶	铺装	
表层	挡水护栏高度/mm	250	50	0	
	植被体积比	0.1	0	0	
	表面粗糙系数	0.24	0.24	0.014	
	表面坡度/%	5	0.5	0.5	
	土层	厚度/mm	900	100	150
		孔隙率	0.18	0.18	0.5
		土壤持水率	0.1	0.1	0.2
枯水率		0.03	0.03	0	
储水层	导水率/($mm \cdot h^{-1}$)	18	18	720	
	导水率坡度	10	10	10	
	吸水头/mm	90	90	90	
	厚度/mm	900		600	
	孔隙率	0.5		0.75	
	下渗速率/($mm \cdot h^{-1}$)	12.7		12.7	
	堵塞因子	0		180	
排水层	流量系数	0	3	0	
	流动指数	0.5	0.5	0.5	
	暗渠偏移高度/mm	150	0.1	150	

现期, a ; t 为降雨历时, min。

2.3 情景设置与指标计算方法

2.3.1 降雨情景设置

选用重现期分别为 1、5、10、20、50、100 年的设计暴雨为模型降雨资料,降雨历时为 120 min,不同重现期设计暴雨过程见图 3。

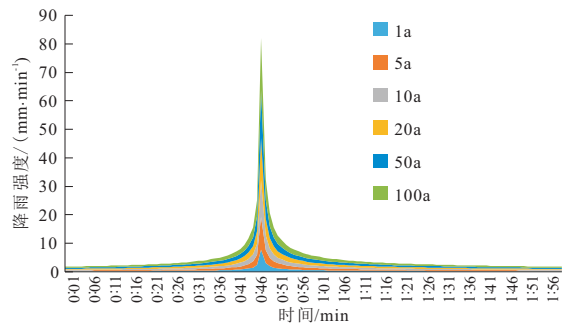


图 3 不同重现期设计降雨

Fig. 3 Design rainfall in different recurrence periods

2.3.2 LID 情景设置

根据 MIKE FLOOD 模型对研究区 50 年重现期模拟结果,在发生内涝的子汇水区添加 LID 设施来分析建设前后的内涝情况。拟设置占子汇水区面积 30% 的 LID 设施。建立 15 种三类典型 LID 设施在不同布设比例下的组合方案,利用 SWMM 模型模拟并计算出相应结果。

2.3.3 指标计算方法

利用层次分析法分别对 LID 设施的环境效益、经济效益、社会效益进行决策分析,采用加权法和法评价 LID 措施综合效益。环境效益评价的指标包括径流总量削减和洪峰流量削减。经济效益考虑各项 LID 措施的单位基建成本和单位

维护成本。社会效益考虑景观和生态功能。LID 设施的基建维护费用及社会效益评价见表 3^[2]。将景观和生态功能分为高中低三个等级,计分分别为 8、5、2^[3]。

表 3 海绵设施基建维护成本单价

Tab.3 Unit price of sponge infrastructure maintenance cost

LID 措施	单位基建成本 /(元·m ⁻²)	单位维护成本 /(元·m ⁻² ·a ⁻¹)	景观功能	生态功能
雨水花园	400~1 200(800)	30~80(55)	高	高
绿色屋顶	100~300(200)	4~8(6)	高	中
渗透铺装	60~1 500(780)	2.4~15(8.7)	低	中

注:()内数据为本文计算所取成本值。

3 结果与分析

3.1 内涝模拟结果统计

根据《室外排水设计规范》^[4]及城市自身的敏感性、脆弱性等特点,以积水深为评价因子的城市内涝风险等级划分标准见表 4。

表 4 内涝风险等级划分

Tab.4 Classification of waterlogging risk levels

内涝风险等级	积水深度 h/m	积水描述
I	$0.05 < h < 0.15$	轻微积水
II	$0.15 \leq h < 0.30$	轻度积水
III	$0.3 \leq h < 0.50$	中度积水
IV	$h > 0.50$	严重积水

对 1、5、10、20、50、100 年重现期降雨进行模拟,时间步长为 1 s,模拟 6 h,内涝积水见图 4。由图 4 可知,重现期为 1 年时出现 14 处积水点,其中 II 级积水点有 6 处,积水深度超过 0.15 m 的面积达到 0.4 ha;重现期为 5 年时,增加了 10 个积水点,其中 II 级积水点 8 个、III 级积水点 4 个、IV 级积水点 1 个,积水深度超过 0.15 m 的面积达到 1.9 ha;10、20、50、100 年重现期下,积水深度大于 0.15 m 的积水面积分别达到了 2.72、3.75、5.35、6.47 ha。说明研究区即使在小重现期降雨时亦出现较为严重的内涝积水;大重现期降雨时积水更为严重,影响城市正常运行。

3.2 内涝成因分析

3.2.1 管网排水能力

研究区管道承载状态及节点溢流情况见图 5、6。由图 5 可知,降雨重现期为 1 年时,研究区北部、西部、东南部管道充满度大多小于 1,说明管网运行状态较好,而中部一些管道充满度大于 3,管网处于超负荷运载。降雨重现期为 5~100 年时,研究区内大部分管道充满度均大于 1,表明大部分管网处于超负荷运行,其中北部比南部超负荷状态更为严重。由图 6 可以看出,1 年重现

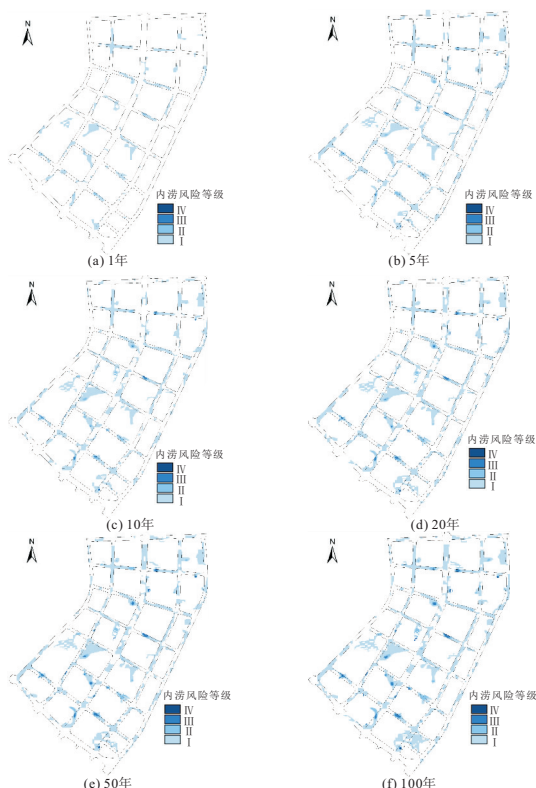


图 4 内涝风险等级图

Fig.4 Waterlogging risk map

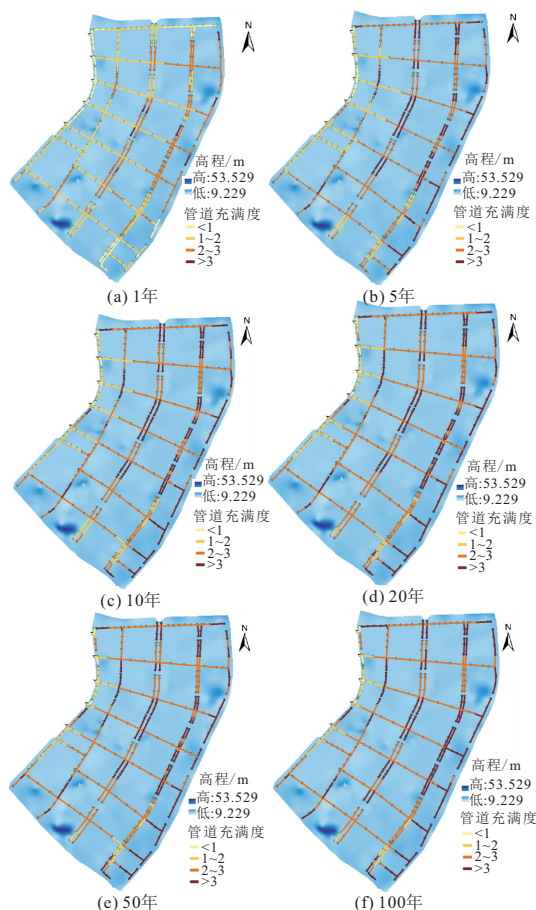


图 5 不同降雨重现期下管网承载状况

Fig.5 Pipeline network bearing status under different rainfall recurrence periods

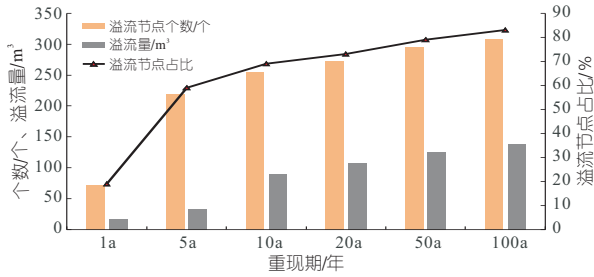


图 6 节点溢流情况

Fig. 6 Node overload situation

期下溢流节点个数为 72 个, 占总节点的 19%; 5 年重现期下溢流节点增加到 219 个, 占比达到 59%, 接近六成的管网节点发生溢流, 且西南部与北部溢流节点居多。

3.2.2 地表径流情况

分析不同降雨重现期的径流模拟结果, 根据研究区各子汇水区径流累积量占总径流量的比例将其分为五类区域, 见图 7。不同重现期每个区域径流累积量范围及总径流量见表 5。可见, 随着降雨重现期的增大, 同一子汇水区径流累积量呈规律性增长, 总径流量亦随之增长。不同区域径流量相差较大, 如 I 区累计径流量与 V 区相比

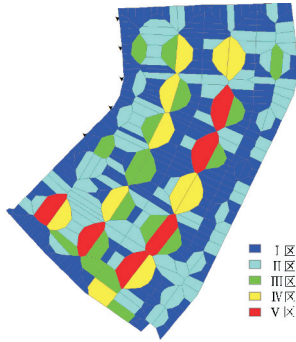


图 7 各子汇水区径流累积量

Fig. 7 Runoff accumulation in each catchment

表 5 不同重现期下各类型区域累积径流量

Tab. 5 Cumulative runoff of various types of areas under different return periods

重现期/a	各区累积径流量/m ³					总地表径流量/m ³
	I	II	III	IV	V	
1	33~421	421~809	809~1 197	1 197~1 585	1 585~1 973	154 383
5	49~627	627~1 205	1 205~1 782	1 782~2 360	2 360~2 938	229 763
10	56~715	715~1 375	1 375~2 034	2 034~2 693	2 693~3 353	262 199
20	63~804	804~1 545	1 545~2 286	2 286~3 027	3 027~3 768	294 660
50	72~921	921~1 770	1 770~2 618	2 618~3 467	3 467~4 316	337 528
100	79~1 009	1 009~1 940	1 940~2 870	2 870~3 800	3 800~4 731	369 960

平均相差约 8 倍, 表明研究区内很大一部分子汇水区径流量过大, 对降雨的控制能力太低; 另外, 1 年重现期下, 研究区的总径流量达到 154 383 m³, 100 年重现期下, 研究区的总径流量达到 369 960 m³, 径流总量控制率仅为 35.60%, 绝大部分降雨未能被控制, 发生径流, 导致管网的排水压力过大。

3.3 LID 设施模拟结果

由《江西省海绵城市建设技术导则》^[5]可知, 研究区年径流总量控制率标准为 65%, 所对应的设计降雨为 19.6 mm。基于 MIKE FLOOD 模型 50 年的模拟结果, 在内涝点处布设 LID 设施。19.6 mm 设计降雨下 15 种方案的模拟结果见表 6。由表 6 可知, 设计降雨条件下 15 种方案的径流控制率均在 60% 以上, 而未添加 LID 设施时的径流控制率为 38.9%, 表明 LID 设施对城市内涝有一定缓解作用。当布设方案为单项 LID 设施时, 可以看出, 雨水花园与透水铺装对径流总量及径流峰值削减效果相差不大, 均优于绿色屋顶的效果。

3.4 层次分析法计算结果

选取径流总量削减率、径流峰值削减率、基建成本、运行维护成本、景观功能和生态功能 6 个指

表 6 19.6 mm 降雨条件下 LID 组合设施模拟结果

Tab. 6 Simulation results of LID combination facilities under 19.6 mm rainfall

序号	方案			径流控制率/%	径流总量削减率/%	径流峰值削减率/%	基建成本/元	运维成本/元	景观功能评分	生态功能评分
	雨水花园/%	透水铺装/%	生态屋顶/%							
1	0.000	0.000	30.000	61.040	36.120	28.410	200.000	6.000	2.400	1.500
2	0.000	7.500	22.500	63.340	39.870	32.580	345.000	6.675	1.950	1.500
3	0.000	15.000	15.000	65.630	43.610	36.750	490.000	7.350	1.500	1.500
4	0.000	22.500	7.500	67.930	47.350	40.920	635.000	8.025	1.050	1.500
5	0.000	30.000	0.000	70.230	51.100	45.090	780.000	8.700	0.600	1.500
6	7.500	0.000	22.500	63.340	39.870	32.580	350.000	18.250	2.400	1.725
7	7.500	7.500	15.000	65.630	43.610	36.750	495.000	18.925	1.950	1.725
8	7.500	15.000	7.500	67.930	47.350	40.920	640.000	19.600	1.500	1.725
9	7.500	22.500	0.000	70.230	51.100	45.090	785.000	20.275	1.050	1.725
10	15.000	0.000	15.000	63.860	40.690	34.950	500.000	30.500	2.400	1.950
11	15.000	7.500	7.500	66.400	44.840	39.350	645.000	31.175	1.950	1.950
12	15.000	15.000	0.000	68.940	48.970	43.760	790.000	31.850	1.500	1.950
13	22.500	0.000	7.500	67.930	47.350	40.920	650.000	42.750	2.400	2.175
14	22.500	7.500	0.000	70.230	51.100	45.090	795.000	43.425	1.950	2.175
15	30.000	0.000	0.000	70.230	51.100	45.090	800.000	55.000	2.400	2.400

标作为 LID 组合设施方案优选的评价准则,构建的层次结构模型见图 8。径流总量削减、径流峰值削减率、基础建设成本、运营维护成本、景观功能、生态功能的综合权重计算结果分别为 0.396 8、0.198 5、0.184 2、0.092 1、0.085 5、0.042 8。

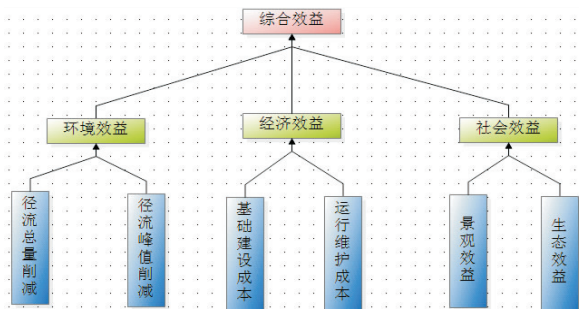


图 8 层次结构模型
Fig. 8 Hierarchical model

对表 6 中 6 个指标数据进行标准化处理,将权重对应分配到各项指标,计算出 15 种方案各项指标的得分和总分,对其进行排序,得分情况见表 7。由表 7 可知,布设 22.5%雨水花园+7.5%透水铺装为最优方案。考虑到因为雨水花园在单项 LID 设施中对径流总量控制及峰值削减效果最好,且雨水花园的景观和生态功能评分均高于透水铺装和绿色屋顶,但由于雨水花园和透水铺装的单元基建成本和单元运维成本相差不大,因此最优方案中雨水花园占比较多。绿色屋顶虽然造价低,但对径流总量及峰值流量的削减效果较差,因此最优方案中无绿色屋顶。最优方案在设计降雨条件下径流控制率可达到 70.23%,满足南昌市海绵城市年径流总量控制率要求。

表 7 15 种方案标准化及排序

Tab. 7 Standardization and ranking of 15 schemes

序号	径流总量削减 (0.396 9)	径流峰值削减 (0.198 5)	基建成本 (0.184 2)	运维成本 (0.092 1)	景观功能 (0.085 5)	生态功能 (0.042 8)	总分	排序
1	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.360	15
2	0.250	0.250	0.758	0.990	0.750	0.000	0.440	14
3	0.500	0.500	0.517	0.970	0.500	0.000	0.530	11
4	0.750	0.750	0.275	0.960	0.250	0.000	0.610	8
5	1.000	1.000	0.033	0.940	0.000	0.000	0.690	4
6	0.250	0.250	0.750	0.750	1.000	0.250	0.450	12
7	0.500	0.500	0.508	0.740	0.750	0.250	0.530	10
8	0.750	0.750	0.267	0.720	0.500	0.250	0.620	7
9	1.000	1.000	0.025	0.710	0.250	0.250	0.700	3
10	0.310	0.390	0.500	0.500	1.000	0.500	0.450	13
11	0.580	0.660	0.258	0.490	0.750	0.500	0.540	9
12	0.860	0.920	0.017	0.470	0.500	0.500	0.630	5
13	0.750	0.750	0.250	0.250	1.000	0.750	0.630	6
14	1.000	1.000	0.008	0.240	0.750	0.750	0.720	1
15	1.000	1.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.710	2

为探讨最优方案应对不同重现期降雨的效果,在不同重现期降雨下对最优方案进行模拟,模拟结果见图 9。由图 9 可知,最优方案在不同重现期降雨下对径流量及径流峰值削减均有较好效果。随着重现期的增加,径流控制率由 60.93% 减小为 49.48%。可以认为 LID 设施是一种源头减排设施,只能存贮少量雨水,且仅对中小型降雨具有显著径流控制效果,对于高重现期的降雨控制能力有限。后续可考虑在 50 年重现期基础上添加调蓄池达到内涝防治标准。

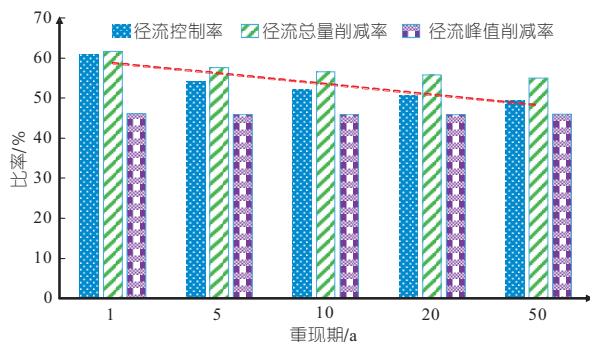


图 9 不同重现期下最优方案调控效果

Fig. 9 Optimal control effects under different return periods

4 结论

- a. 基于 MIKE 模型对研究区不同重现期降雨进行模拟,在小重现期降雨时的内涝情况已不容乐观。
- b. 基于 SWMM 模型在内涝点处添加 LID 设施,15 种方案的径流控制率均在 60% 以上,LID 设施可显著削减径流总量、峰值流量和污染物负荷。
- c. 利用层次分析法,选取 6 个指标对 LID 设施的综合效益进行评估,最终得出布设 22.5%雨水花园+7.5%透水铺装为最优方案。

参考文献:

[1] 卢辛宇. 基于 SWMM 模型的城市内涝防治技术措施及联用组合研究[D]. 南昌:南昌大学,2017.

[2] 马萌华. 基于模糊综合评价的海绵城市 LID 措施综合效能评价体系研究[D]. 西安:西安理工大学,2019.

[3] 吴洁,汪恂,李燕萍. 基于 LID 的海绵校园设计模拟研究[J]. 水电能源科学,2021,39(8):128-132.

[4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 室外排水设计标准:GB50014-2021[S]. 北京:中国计划出版社,2021.

[5] 江西省住房和城乡建设厅. 江西省海绵城市建设技术导则(试行)[S]. 2017.

改善毕托管进口附近流态,进而减少毕托管外形对旋转油盆内部润滑油流动的不良影响。此方案适用于运行电站的现场实际,对比传统应对方案中增大毕托管直径更便于改造旋转油盆,同时对甩油现象抑制效果明显有效。

参考文献:

[1] 余丰.蔡家洲水电站水导轴承甩油环故障浅析[J].机电信息,2021(11):27-28.

[2] 徐文峰,隗军峰,赵海英.二滩水电厂水导轴承甩油原因分析及改造[J].水电站机电技术,2005(1):3-4,87.

[3] 彭祖贤,张华.水轮机导轴承甩油现象的原因分析与探讨[J].水电与新能源,2020,34(10):61-62.

[4] 王琪,陈晶晶,蒋璆,等.抽水蓄能机组导轴承油雾治理实践[J].中国农村水利水电,2020(2):181-183.

[5] 李胜.九里沟水电站立式水轮机导轴承和主轴密封

的技术改造探索[J].中国水能及电气化,2018(6):29-32.

[6] 郑志富,孟凡瑞,赵国勇,等.利用VOF模型模拟水环真空泵的气液两相流[J].真空科学与技术学报,2022,42(2):139-144.

[7] 黄依,黄坤荣,章征服,等.基于VOF的U形重力热管的数值模拟[J].机械工程师,2022(2):86-89.

[8] 刘加将,袁东,李兵.立式水轮机水导轴承漏油原因分析及处理方法[J].现代工业经济和信息化,2021,11(10):231-232.

[9] 陶红.轴领泵外循环式水轮机导轴承的性能分析与设计[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2017.

[10] 葛新峰,孙洁,吴丹,等.基于VOF模型的排水渠道流动数值模拟及消能措施优化研究[J].水电能源科学,2021,39(5):109-112.

[11] 陈斌,郭烈锦,杨晓刚.圆柱绕流的离散涡数值模拟[J].自然科学进展,2002,12(9):964-969.

Dynamic Characteristics of Lubricating Oil System of Water Guide Bearing of Large Pumped-storage Unit and Countermeasures for Oil Spillage

DONG Wen-chang¹, ZHOU Da-qing¹, KAN Kan¹, ZHANG Zheng², GUO Jun-xun³, ZOU Jia-jie¹, WANG Yin-song¹

(1. College of Energy and Electrical Engineering, Hohai University, Nanjing 211100, China;

2. East China Yixing Pumped Storage Co. LTD, Wuxi 214000, China; 3. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: The phenomenon of oil spilling and oil spillage in the lubricating oil system of the water guide bearing occurs frequently during the operation of the pumped-storage unit, which significantly affects the safety and stability of the unit and the operating environment of the power station. With the help of CFD numerical simulation technology and VOF multiphase flow simulation method, the dynamic characteristics of water guide bearing lubricating oil system in the multi-oil level working condition under the pumping mode of the pumped-storage unit were explored. The research results show that under the low oil level condition, the system flow cycle is formed faster, the flow state is stable and the oil level is low during the transition process, so the oil rejection phenomenon is milder, but too low oil level may lead to unfavorable control of oil temperature; Under the condition of high oil level, the phenomenon of oil spillage in the early stage of the flow mostly occurs near the side of the Pitot tube of the rotating oil basin, and it mostly occurs on the other side of the Pitot tube in the later stage of the flow. Compared with the traditional method of increasing the diameter of the Pitot tube, the method of optimizing the outer wall of the Pitot tube is more effective in suppressing the phenomenon of oil spillage. The results provide a theoretical basis for exploring the causes of the oil spill phenomenon in the water guide bearing lubricating oil system of the pumped-storage unit and the optimization of the oil slinger.

Key words: water guide bearing; oil slinger; oil spill; critical oil level; numerical simulation

(上接第 81 页)

Analysis of Urban Waterlogging and LID Reconstruction Scheme in Nanchang City Based on MIKE & SWMM

XU Wen-bin¹, JIANG Zhu-qing¹, YUAN Yi¹, ZHAI Meng-meng², LI Ning², GAO Jia-yu², LI Jia-ke²

(1. Nanchang Urban Planning & Design Institute, Nanchang 330038, China; 2. State Key Laboratory of Eco-Hydraulics in the Northwest Arid Region of China, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: The problem of waterlogging in old city has become the focus of natural disaster research. Taking Fenghuang District of Nanchang City as an example, the MIKE FLOOD model was established to analyze the risk and causes of waterlogging. Based on the above results, the SWMM model was used to conduct the research on LID layout and optimization. Analytic hierarchy process was used to evaluate its comprehensive benefits, and the optimal cost-benefit scheme was finally obtained. According to the study, the rainfall return period is 5 years, there are 16 waterlogging points, and the risk level of waterlogging in some areas has reached level IV. It can be seen that the urban waterlogging prevention and control research is urgent. LID combination facilities have a good effect on alleviating waterlogging. The scheme of 22.5% rainwater garden + 7.5% pervious pavement is the best. This conclusion can provide technical reference for the following low impact development and construction of sponge cities and the proportion selection of facilities.

Key words: MIKE; SWMM; LID facility; runoff control rate; analytic hierarchy process