

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2017.03.006

基于 SWMM 的生物滞留池布置水文时空效应

宋奔奔¹,高 成¹,寇传和²,张家立¹

(1. 河海大学水文水资源学院,江苏 南京 210098; 2. 河海大学设计研究院有限公司浙江分公司,浙江 杭州 311215)

摘要:利用 SWMM 中的低影响开发模块,根据汇流时间将研究区的子汇水区划分为上游和下游,生物滞留池按照不同位置(上游和下游)和不同规模布设,研究其遭遇不同重现期降雨下的水文时空效应。结果表明:在低降雨重现期下,生物滞留池的雨洪控制效果较好;相同重现期时,规模较大的生物滞留池效果较好,而布设的越分散,其降低径流系数的效果越好,但削减洪峰的效果较差。

关键词:SWMM 模型;生物滞留池;低影响开发;时空分布;水文效应

中图分类号:TU992.0 文献标志码:A 文章编号:1004-6933(2017)03-0025-06

Spatial and temporal hydrological responses of arrangement of bioretention cell based on SWMM

SONG Benben¹, GAO Cheng¹, KOU Chuanhe², ZHANG Jiali¹

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China;
2. Zhejiang Branch of Hohai University Design Institute Co., Ltd., Hangzhou 311215, China)

Abstract: With the low impact development module in the SWMM, the sub-catchments of the study area were divided into the upstream sub-catchments and downstream ones according to the concentration time. The bioretention cells were arranged according to different positions (upstream and downstream) and different scales. The hydrological responses under the conditions of different return periods of rainfall were analyzed. The results show that the bioretention cell had more significant effect on the control of rainwater and flood over a low return period of rainfall. With the same return period, larger bioretention cells were more effective, while the bioretention cells that were more dispersely arranged had more significant effect on the runoff coefficient but insignificant effect on the decrease in flood peaks.

Key words: SWMM; bioretention cell; low impact development; spatial and temporal distribution; hydrological response

城市化改变了区域的下垫面条件,造成洪水汇流速度加快,汇流时间缩短,洪峰集中,由此引发了一系列诸如城市面源污染、洪涝灾害频繁等问题^[1-2]。20 世纪 90 年代中期以来,低影响开发(low impact development, LID)措施开始在世界各地逐渐得到应用,其设计目标是最大限度地减少雨洪调控措施对生态环境的负面影响,并促进一种生态、新型的雨洪资源调控措施的发展^[3-4]。LID 设施能够明显地削减径流总量、洪峰流量,有效地延迟峰现时

间,并且具有成本低、规模小、散点分布、源头控制等特点^[5-6]。生物滞留池作为其中的一种调控措施,能够有效调控径流、补给地下水和改善水质^[7]。在城市雨水径流水质的改善方面,研究^[8]表明,生物滞留池能够有效去除城市雨水径流中的 TSS、营养物质、重金属、油脂类及致病菌等污染物,改善雨水径流水质。

以往有关生物滞留池更多的研究是在去除污染物、改善雨水水质等方面。近年来,生物滞留池的水

基金项目:国家自然科学基金(41301016);中央高校基本科研业务费项目(2014B16814);长江水利委员会长江科学院开放研究基金(CKWV2015206/KY)

作者简介:宋奔奔(1992—),男,硕士研究生,研究方向为城市防洪排涝。E-mail:sbbhohai@163.com

通信作者:高成,副研究员,博士。E-mail:gchohai@163.com

文效应逐渐成为学者们研究的热点。在分析生物滞留池的结构和功能的基础上,通过模型和试验研究不同重现期下径流消减、地下水入渗补给、积水时间、总处理水量等方面的水文效应,证实了其显著的水文调控功能^[9-12]。

在研究生物滞留池的数量和空间分布时,建立时空模型,对这种 LID 设施的减灾效果进行分析,结果表明,LID 设施的空间位置和规模大小对 LID 设施的减灾效果有着很大影响,其中空间位置对流域洪峰流量的减少影响更为突出^[13],在对渗透率的影响方面,时间和空间因素比设施的规模大小有更显著的效果^[14]。但在相关论文中,作者只提出了这个影响因素,并未对不同布设位置、规模在不同重现期下的雨洪调控效果进行深入研究。笔者将在暴雨洪水管理模型(storm water management model,SWMM)的基础上,利用其中的 LID 模块,深入研究生物滞留池在不同布设位置、不同布设规模以及不同重现期的情况下其对于区域径流的调控作用,以期为生物滞留池的设计和应用提供依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区域位于中国江苏省淮安市邳城国际社区,总面积为 4.7 hm²,不透水面积 2.9 hm²,约占总面积的 62%;透水面积 1.8 hm²,约占总面积的 38%。基于 SWMM 的应用要求,结合研究区域管网资料,将研究区域排水系统概化为检查井节点 62 个,雨水管线 62 条,出水口 3 个。根据管道与节点的概化,基于 GIS 软件的泰森多边形法,并结合排水规划、地形进行调整后,将研究区域划分为 62 个子汇水区(S1~S62),研究区域出水口 1、2、3 的集水面积分别为 2.7 hm²、0.9 hm² 和 1.1 hm²。研究区域概化结果见图 1。

1.2 SWMM

SWMM 包括水文、水力、水质模块,已在世界范围内被广泛应用于城市暴雨径流与排水管道的模拟、设计、分析中。当前最新版本的 SWMM5.1 中增加了 LID 模块,可以模拟植草沟、屋面雨水断接、雨水桶、透水铺装、下渗沟、绿色屋顶、雨水花园、生物滞留池 8 种常见的低影响开发措施,通过对滞留、蒸发、下渗等水文过程的模拟,结合 SWMM 的水力模块,实现对 LID 设施的峰值流量等的模拟。

处理子汇水区 LID 控制的方式有两种:

a. 子汇水区层面。将一种或多种预先定义好的 LID 控制设施放置在子汇水区内,取代等量的子汇水区内的非 LID 面积。可将多个 LID 调控器混合

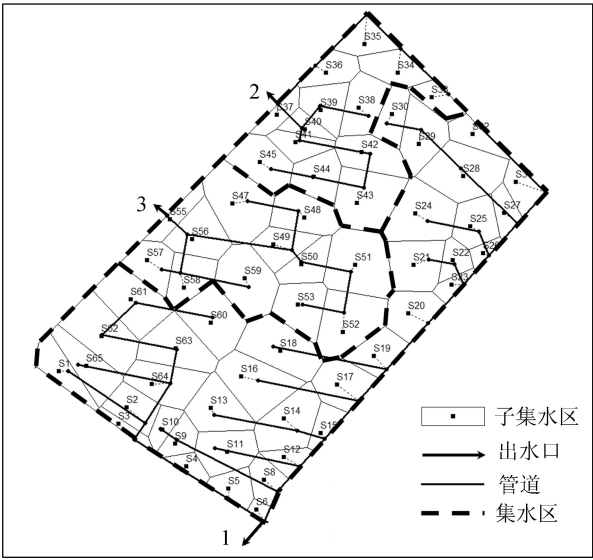


图 1 研究区域概化

置于同一个子汇水区内,每个控制器分别处理子汇水区内部没有设置 LID 调控器区域产生的径流的不同部分。但来自一个 LID 调控器的出流不可以作为另一个 LID 调控器的入流,且无法明确指定 LID 设施的服务区域及处置路径,此控制方式适用于较大区域的 LID 模拟。

b. 场地层面。创建由单一的 LID 实践构成的新子汇水区,通过子汇水区的属性参数来表达 LID 设施。允许 LID 调控器接受来自上游子流域的出流作为该子流域的入流,使场地内雨水处置路径可视化,此控制方式适用于小地块的 LID 集成技术及雨洪控制效果模拟。

子汇水区中布设了 LID 设施的区域,其原有属性,如不透水率、坡度等,将不予考虑。布设 LID 设施后,子汇水区的属性需要在扣除被 LID 设施取代的面积后确定,加入 LID 设施后的参数调整见图 2。

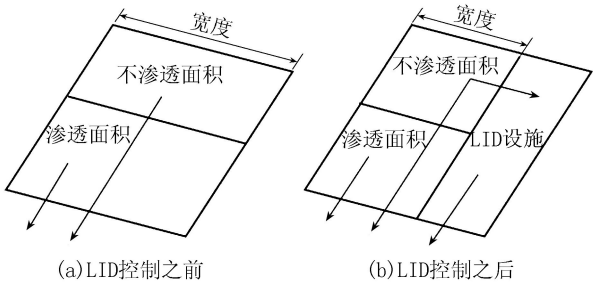


图 2 LID 设施加入前后参数调整

1.3 生物滞留池

生物滞留池又称雨水花园,利用植物、微生物和土壤的化学、生物及物理特性进行污染物的移除和水量控制,从而达到调节城市雨水径流量和水质的目的。生物滞留池主要是从生态环境的角度出发,对区域水量平衡要素中的地表径流和地下水入渗补给进

行调控,控制洪峰流量,延迟洪峰到达时间,使其恢复到该区域天然状态下的水平。此外,生物滞留池还能提高美学和景观多样性价值。生物滞留池的设计可以是多种多样的,以此来适应当地的水文、地形、土壤和美学等要求。其主要构成要素包括:草地缓冲带、植物带、地表覆盖层、植物生长介质层、排泄层等。

2 试验设计

2.1 生物滞留池布设

由于要研究在不同的布设位置、规模以及不同重现期下生物滞留池对于雨洪控制的调控作用,因此将分别对管道上下游位置、面积大小及重现期的不同布设情况进行模拟。

对于管道上下游位置的定义,类比河道上下游,以管道为对象,以汇流时间为控制要素,选取从管道起始点向出口方向、管道总长度的10%作为管道上游,选取从管道出口向起始点方向、管道总长度的20%作为管道下游,同时,为保证整体生物滞留池布设的面积相同,适当调整子汇水区域的个数。由此,得出研究区域中管道上游子汇水区域20个,下游子汇水区域10个。

采用以下布设方案:方案1,现状子汇水区,不布设生物滞留池;方案2,上游每个子汇水区分别布设生物滞留池面积50 m²,合计1 000 m²;方案3,下游每个子汇水区分别布设生物滞留池面积100 m²,合计1 000 m²;方案4,上游每个子汇水区分别布设生物滞留池面积100 m²,合计2 000 m²;方案5,下游每个子汇水区分别布设生物滞留池面积200 m²,合计2 000 m²。方案2和方案3可用于比较相同滞留

池布设面积、不同布设位置的调控效果,方案2和方案4、方案3和方案5可用于比较相同布设位置、不同布设面积滞留池的调控效果,具体布设面积见表1,布设位置见图3。

表1 生物滞留池分区布设面积 m²

出水口	方案2	方案3	方案4	方案5
1	600	600	1 200	1 200
2	200	200	400	400
3	200	200	400	400

注:方案1为现状,不布设生物滞留池。

2.2 参数确定

研究区域的物理性参数,如子汇水区面积的大小、漫流宽度、平均坡度、管道的形状、管径大小、管长、检查井底标高、区域不透水面积比例等,可由下垫面信息和管网信息得到,本文主要通过GIS软件的统计功能和实测数据获取。

降雨入渗过程采用Horton入渗模型模拟,根据当地现有资料和其他研究成果已率定的参数,模型需要输入的最大入渗率 f_{∞} 、最小入渗率 f_0 、衰减系数 α 分别取值为76.2 mm/h、10 mm/h和3 h⁻¹。

地表径流的汇流计算采用非线性水库模型,模拟排水系统流量演算的水力模型选用动力波模型。参数的取值主要结合当地实际及相关规划,并参考SWMM用户手册中的推荐值及相关参考文献,见表2。

表2 模型参数的取值

参数	洼地储蓄量/mm			曼宁系数		
	透水地表		不透水地表	透水地表	不透水地表	管道
	绿地	裸地				
取值	10	5	1	0.15	0.011	0.013

■ 布置生物滞留池子集水区 □ 不布置生物滞留池子集水区 → 出水口 — 管道

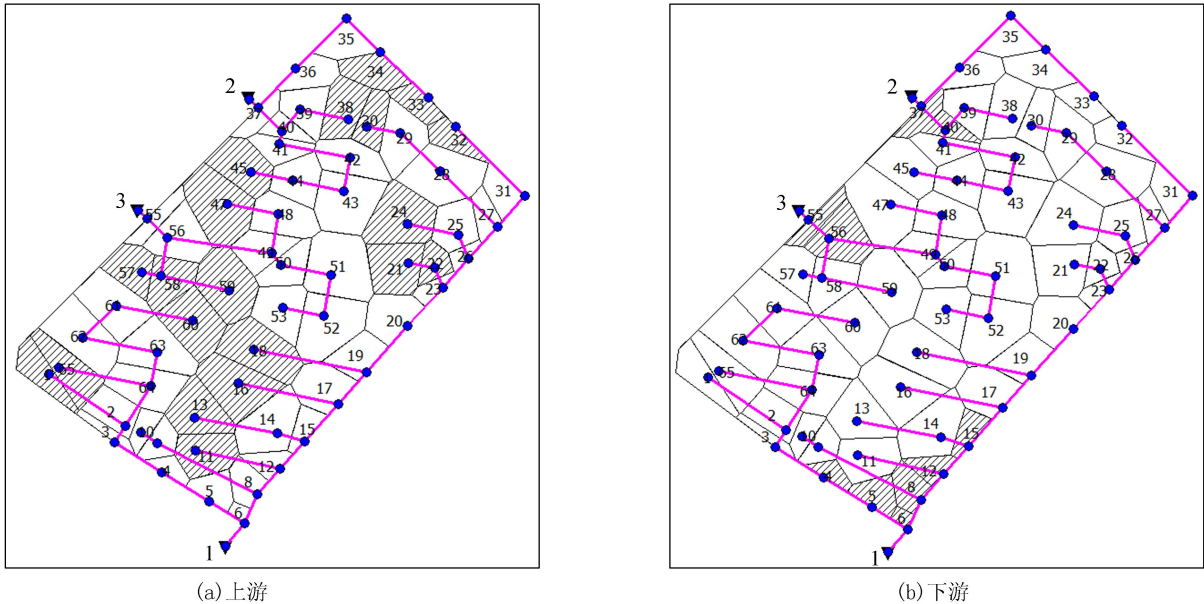


图3 管道上下游子汇水区域

淮安市暴雨强度公式为

$$q = \frac{5\,030.04(1 + 0.887\lg P)}{(t + 23.2)^{0.55}} \tag{1}$$

式中： q 为降雨历时 t 内的平均暴雨强度， $L/(s \cdot \text{hm}^2)$ ； t 为降雨历时， min ； P 为降雨重现期， a 。

为了评估 LID 措施对不同重现期暴雨的影响，利用式(1)求出重现期分别为 2 a、5 a、10 a， $t=2\text{ h}$ 下的降雨量，采用芝加哥降雨过程线模型合成降雨情景，选取雨峰系数 $r=0.4$ ，降雨采用的时间间隔为 1 min，相应的降雨量分别为 65.77 mm、80.09 mm、90.92 mm，各布设方案的径流系数模拟结果见图 4。

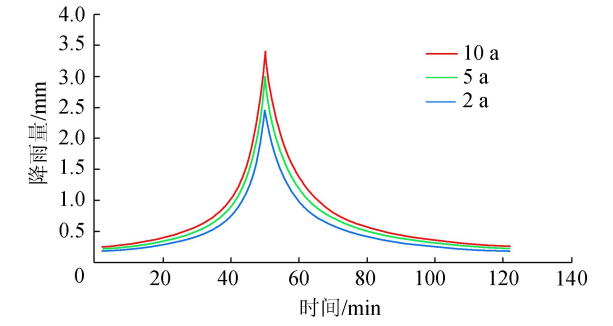


图 4 各重现期降雨过程线

3 模拟结果及分析

在 5 种方案布设方案、设计降雨重现期分别为 2 a、5 a、10 a 时，计算研究区域各出口断面径流过程，

表 4 不同降雨重现期下各布设方案的洪峰流量和峰值时刻模拟结果

出水口	布设方案	P=2 a		P=5 a		P=10 a	
		洪峰流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	峰值时刻	洪峰流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	峰值时刻	洪峰流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	峰值时刻
1	方案 1	0.540	0:52:00	0.662	0:52:00	0.757	0:53:00
	方案 2	0.537	0:53:00	0.66	0:52:00	0.751	0:53:00
	方案 3	0.494	0:53:00	0.633	0:52:00	0.723	0:54:00
	方案 4	0.468	0:54:00	0.626	0:52:00	0.705	0:54:00
	方案 5	0.493	0:53:00	0.605	0:53:00	0.687	0:53:00
2	方案 1	0.246	0:50:00	0.297	0:51:00	0.359	0:50:00
	方案 2	0.244	0:50:00	0.296	0:51:00	0.353	0:50:00
	方案 3	0.223	0:50:00	0.272	0:51:00	0.330	0:51:00
	方案 4	0.215	0:51:00	0.284	0:51:00	0.325	0:50:00
	方案 5	0.223	0:50:00	0.271	0:51:00	0.313	0:50:00
3	方案 1	0.209	0:51:00	0.279	0:51:00	0.353	0:50:00
	方案 2	0.208	0:51:00	0.275	0:51:00	0.351	0:50:00
	方案 3	0.20	0:51:00	0.265	0:51:00	0.328	0:50:00
	方案 4	0.178	0:53:00	0.263	0:52:00	0.327	0:52:00
	方案 5	0.181	0:51:00	0.242	0:51:00	0.285	0:51:00

表 5 不同降雨重现期下布设方案的径流系数及削减程度

布设方案	P=2 a		P=5 a		P=10 a	
	径流系数	削减程度/%	径流系数	削减程度/%	径流系数	削减程度/%
方案 2	0.049	6.76	0.039	5.08	0.035	4.42
方案 3	0.043	5.93	0.036	4.69	0.033	4.17
方案 4	0.096	13.24	0.078	10.17	0.070	8.84
方案 5	0.075	10.34	0.069	9.00	0.066	8.33

模拟总时长 3 h。各布设方案在不同设计降雨重现期下的研究区域各出口断面洪峰流量、峰值时刻、径流系数的模拟结果见表 3 和表 4。

由表 4 可得不同降雨重现期下各布设方案的径流系数的削减程度，具体见表 5。

表 3 不同降雨重现期下各布设方案的径流系数模拟结果

布设方案	径流系数		
	P=2 a	P=5 a	P=10 a
方案 1	0.725	0.767	0.792
方案 2	0.676	0.728	0.757
方案 3	0.682	0.731	0.759
方案 4	0.629	0.689	0.722
方案 5	0.650	0.698	0.726

由表 5 可知，在不同降雨重现期下各布设方案的径流系数都有明显的削减，雨洪控制效果较为明显，并且方案 4 及方案 5 削减效果更加显著，即布设更大面积的生物滞留池能产生更显著的雨洪控制效果。在相同的降雨重现期布设相同面积的生物滞留池时，本应产生的雨洪控制效果相同，即径流系数相等，但是由于上下游生物滞留池的布设方式不同，即在上游进行分散布设，下游进行集中布设，所以得到不同的雨洪控制效果，并且可以从表 5 看出，分散布设的效果更加明显。由表 4 可知，不同降雨重现期下各布设方案的洪峰流量削减明显，但峰现时间没有明显延迟，故对洪峰削减量（表 6）及峰现时间分

别进行研究。

由表 6 可知,当降雨重现期为 2 a 时,在上游各子汇水区域布设 100 m² 生物滞留池后,出水口 1、2、3 洪峰流量分别减小 0.072 m³/s、0.031 m³/s、0.031 m³/s,为各个布设方案下的最大值;当降雨重现期为 5 a 时,在下游各子汇水区域布设 200 m² 生物滞留池后,出水口 1、2、3 洪峰流量分别减小 0.057 m³/s、0.026 m³/s、0.037 m³/s,为各个布设方案的最大值;当降雨重现期为 10 a 时,在下游各子汇水区域布设 200 m² 生物滞留池后,出水口 1、2、3 洪峰流量分别减小 0.070 m³/s、0.046 m³/s、0.068 m³/s,为各布设方案最大值。

分析可知,在较小的降雨重现期下,将生物滞留池布设在上游,增加了流域汇流的时间,平均净雨强度减小,所以洪峰变小。而在较大降雨重现期下,流域汇流较快,汇流时间相对较短,布设在上游的生物滞留池很难完全起作用,此时,布设在下游的生物滞留池就发挥明显的作用,且布设较大的生物滞留池

对洪峰的削减作用更显著。

而相对于峰现时间,大部分的布设方式在不同的降雨重现期下都没有明显的改变,仅一小部分发生了洪峰出现时间延后的情况。为了对流域汇流时间进行更进一步的研究,采用流域滞时进行比较和分析,计算结果见表 7。

为更明显地看出结果变化,对作各布设方案与现状结果进行分析,结果见表 8。

由表 7 及表 8 可知,在同一个出水口,在不同降雨重现期的情况下,各种布设方案中,当在上游各子汇水区域布设 100 m² 生物滞留池时,对流域滞时的影响最为明显,即对于峰现时间的延迟作用最为显著,尤其是在降雨重现期相对较小时,其产生的作用更大。

综合以上模拟结果可知,当降雨重现期为 2 a 一遇,生物滞留池布设在上游各子汇水区域,且面积为 100 m² 时,其对于研究区域径流系数降低了 0.096,为各个布设方案及不同重现期中最大值,并且对于区域汇流时间,此种布设方案相对于其他情

表 6 不同降雨重现期下洪峰削减量

出水口	布设方案	P=2 a		P=5 a		P=10 a	
		洪峰削减量/(m ³ ·s ⁻¹)	削减率/%	洪峰削减量/(m ³ ·s ⁻¹)	削减率/%	洪峰削减量/(m ³ ·s ⁻¹)	削减率/%
1	方案 2	0.003	0.56	0.002	0.30	0.006	0.79
	方案 3	0.046	8.52	0.029	4.38	0.034	4.49
	方案 4	0.072	13.33	0.036	5.44	0.052	6.87
	方案 5	0.047	8.70	0.057	8.61	0.070	9.25
2	方案 2	0.002	0.81	0.001	0.34	0.006	1.67
	方案 3	0.023	9.35	0.011	3.70	0.029	8.08
	方案 4	0.031	12.60	0.013	4.38	0.034	9.47
	方案 5	0.023	9.35	0.026	8.75	0.046	12.81
3	方案 2	0.001	0.48	0.004	1.43	0.002	0.57
	方案 3	0.027	12.92	0.014	5.02	0.025	7.08
	方案 4	0.031	14.83	0.016	5.73	0.026	7.37
	方案 5	0.028	13.40	0.037	13.26	0.068	19.26

表 7 不同降雨重现期下流域滞时模拟结果

出水口	布设方案	滞时		
		P=2 a	P=5 a	P=10 a
1	方案 1	65.26	65.66	65.84
	方案 2	72.42	72.53	72.59
	方案 3	71.84	72.25	72.19
	方案 4	72.62	72.86	72.93
	方案 5	71.64	71.92	72.02
2	方案 1	62.70	62.73	62.57
	方案 2	70.45	70.22	70.04
	方案 3	70.01	69.74	69.71
	方案 4	70.46	70.30	70.21
	方案 5	69.69	69.45	69.46
3	方案 1	65.26	65.99	66.26
	方案 2	72.45	72.85	73.05
	方案 3	71.37	71.82	72.06
	方案 4	72.85	73.34	73.55
	方案 5	71.20	71.72	72.07

表 8 流域滞时与现状差值

出水口	布设方案	滞时与现状差值		
		P=2 a	P=5 a	P=10 a
1	方案 2	7.16	6.87	6.75
	方案 3	6.58	6.59	6.35
	方案 4	7.36	7.20	7.09
	方案 5	6.38	6.26	6.18
2	方案 2	7.75	7.49	7.47
	方案 3	7.31	7.01	7.14
	方案 4	7.76	7.57	7.64
	方案 5	6.99	6.72	6.89
3	方案 2	7.19	6.86	6.79
	方案 3	6.11	5.83	5.80
	方案 4	7.59	7.35	7.29
	方案 5	5.94	5.73	5.81

况来说也达到了最大流域滞时,说明这种情况下对于区域的汇流有明显的减缓作用。而对于洪峰流量,当降雨重现期为 2 a,生物滞留池布设在上游且面积为 100 m² 时,洪峰流量最小,对于洪峰的削减程度最大;当降雨重现期为 5 a、10 a 时,生物滞留池布设在下游且面积为 200 m² 时,洪峰流量最小,对于洪峰的削减程度最大。

4 结 论

- a. 对于相同的降雨重现期及布设总面积,生物滞留池布设越分散,径流系数减小程度越明显,其雨洪控制利用效果越好。相同的布设条件下,降雨的重现期越小,生物滞留池的雨洪控制利用效果越好。
- b. 降雨重现期较小时,生物滞留池布设在管道上游,各子汇水区域布设面积为 100 m² 时,流域滞时最大,生物滞留池的布设能明显推迟峰现时间。
- c. 当遭遇较小降雨重现期时,将生物滞留池布设在上游,且布设面积越大,其对于洪峰的削减作用越明显;当遭遇较大降雨重现期时,将生物滞留池布设在下游,且布设面积越大,其对洪峰的削减作用越明显。

参考文献:

[1] 郭爱军,畅建霞,王义民,等. 近 50 年泾河流域降雨-径流关系变化及驱动因素定量分析[J]. 农业工程学报, 2015,31(14):165-171. (GUO Aijun, CHANG Jianxia, WANG Yimin, et al. Variation characteristics of rainfall-runoff relationship and driving factors analysis in Jinghe River Basin in nearly 50 years[J]. Transactions of the CSAE, 2015,31(14):165-171. (in Chinese))

[2] BRATH A, MONTANARI A, MORETTI G. Assessing the effect on flood frequency of land use change via hydrological simulation (with uncertainty) [J]. Journal of Hydrology, 2006,324: 141-153.

[3] RICHTER B D, MATTEWS R, HARRISON D L, et al. Ecologically sustainable water management: managing rover flows for river integrity [J]. Ecological Applications, 2003,13:206-224.

[4] SINA J, JUNA C, ZHUA J H, et al. Evaluation of flood runoff reduction effect of LID (low impact development) based on the decrease in CN: case studies from Gimcheon Pyeonghwa district, Korea [J]. Science Direct, 2014,70: 1531-1538.

[5] DAVIS A P, JAMES H S, Eliea J, et al. Hydraulic performance of grass swales for managing highway runoff [J]. Water Research, 2012,46(20): 6775-6786.

[6] LEE J Y, MOON H J, KIM T I, et al. Quantitative analysis on the urban flood mitigation effect by the

extensive green roof system [J]. Environmental Polution, 2013, 181:257-261.

[7] RICHTER B D, MATTHEWS R, HARRISON D L. Ecologically sustainable water management: managing river flows for river integrity[J]. Ecological Applications, 2003, 13: 206-224.

[8] BARBU I A, BALLESTERO, THOMAS P. Unsaturated flow functions for filter media used in low-impact development-stormwater management systems[J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering-ASCE, 2015, 141:1.

[9] 孙艳伟,魏小妹. 生物滞留池的水文效应分析[J]. 灌溉排水学报, 2011,32(2):98-103. (SUN Yanwei, WEI Xiaomei. Analysis on hydrological effect of the bioretention cell [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2011,32(2):98-103. (in Chinese))

[10] 孙艳伟,POMEROY C A, 吕素冰,等. 基于不同重现期降水的 LID 措施水文调控性能研究[J]. 农业机械学报,2016,47(6):178-186. (SUN Yanwei, POMEROY C A, LYU Subing, et al. Hydrological regulation performances of LID practices based on different rainfall reappearance periods [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(6): 178-186. (in Chinese))

[11] 潘国艳,夏军,张翔,等. 生物滞留池水文效应的模拟试验研究[J]. 水电能源科学,2012,30(5):13-15. (PAN Guoyan, XIA Jun, ZHANG Xiang, et al. Research on simulation test of hydrological effect of bioretention units [J]. Water Resources and Power, 2012,30(5):13-15. (in Chinese))

[12] 李家科,李亚,沈冰,等. 基于 SWMM 模型的城市雨水花园调控措施的效果模拟[J]. 水力发电学报,2014, 33(4):60-67. (LI Jiake, LI Ya, SHEN Bing, et al. Simulation of rain garden effects in urbanized area based on SWMM [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2014, 33(4):60-67. (in Chinese))

[13] KRISTIN L G, RICHARD H M. Spatio-temporal effects of low impact development practices [J]. Journal of Hydrology, 2009,367:228-236.

[14] EMILIE K S, MICHAEL B, THOMAS P O, et al. Novel use of time domain reflectometry in infiltration-Based low impact development practices [J]. American Society of Civil Engineers, 2013,139(8):625-634.

(收稿日期:2016 - 09 - 19 编辑:徐 娟)

