

西咸新区海绵城市建设对中型降雨致涝影响

刘力¹, 侯精明¹, 李家科¹, 荆海晓¹, 马越², 王润¹

(1. 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048;

2. 陕西西咸新区沣西新城海绵技术中心, 陕西 西安 712000)

摘要: 全国海绵城市试点建设已稳步开展,但试点区内海绵设施对内涝的实际缓解效果尚缺资料验证。通过对西咸新区海绵城市建设试点区域内涝积水进行监测,对比试点区域内 LID 改造前后的两场相似中型降雨致涝资料,定量分析了该地区内涝点数量、积水范围和水深变化情况及其成因。发现西咸新区海绵城市 LID 改造完成区海绵效果较为明显,LID 措施可缓解中型降雨造成的城市内涝积水问题。

关键词: 中型降雨; 城市内涝; 海绵城市; 低影响开发; 西咸新区

中图分类号: TU992

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2018)01-0155-05

Effects of LID measures on urban flood waterlogging for medium-sized rainfalls in Xi'xian New District Sponge City Program

LIU Li¹, HOU Jingming¹, LI Jiakel¹, JING Haixiao¹, MA Yue², WANG Run¹

(1. Faculty of Water Resources and hydroelectric Engineering, Xi'an University of technology, Xi'an 710048, China;

2. Sponge City Technology Center of Fengxi new town in Xi'xian new area, Xi'an 712000, China)

Abstract: The national sponge city pilot construction has been steadily carried out. However, the actual mitigation effect of the sponge measures on urban flood water logging has not been validated. Through monitoring the water logging spots in the pilot area of sponge city construction in Xixian New District, and comparing the data of two similar medium-sized rainfalls before and after the LID reconstruction in the pilot area to quantitatively analyze the changes in the number of waterlogging points, the extent and depth of waterlogging in the area and their causes. It is indicated that sponge effect is more obvious in the completion area of LID reconstruction in the sponge city of Xixian New District, and the LID measures are able to mitigate the urban flood water logging caused by the intermediate storm.

Key words: medium-sized rainfalls; urban flood water logging; sponge city; low impact development; Xi'xian new area

近年来,随着我国城市化的快速发展及全球气候条件的变化,许多城市都面临着严重的水环境问题,如:城市内涝、地下水位下降、水体污染、水生物栖息地丧失和雾霾污染等,其中城市内涝问题尤为突出^[1]。据国家住建部调研结果显示,国内有 137 个县级以上城市涝灾严重,其中北京^[2-4]、上海^[5-6]、西安、成都、南京、武汉等城市更是发生了严重的城市内涝^[7]。我国快速城市化带来诸多负面效应:大量道路、地面、房屋等设施的建设导致了下垫面硬化^[8],大部分降雨形成径流外排进入管网,仅少部分雨水能够入渗地下,这种现象破坏了原有

的自然水文循环机制^[9-10],从而导致逢雨必涝、地下水紧缺、“城里看海”等诸多具有“城市特色”的问题^[11-12]。为了解决上述问题,全国很多城市已开始进行海绵城市试点建设。海绵城市的建设由低影响开发技术、排水系统和超标雨水排放系统共同组成,海绵城市统筹 3 大系统。面对中小型降雨致涝,低影响开发技术(LID)是海绵城市建设中至关重要的一环^[13-15]。但目前海绵城市建设对城市内涝缓解效果尚未有实际监测资料验证。本文通过分析西咸新区海绵城市试点区低影响开发(LID)改造前后内涝程度得出了初步的量化结论。

收稿日期:2017-07-24; 修回日期:2017-11-13

基金项目:国家自然科学基金项目(51609199);国家重点研发计划项目(2016YFC0402704);西安理工大学百人计划专项

作者简介:刘力(1994-),男,陕西礼泉人,在读硕士研究生,主要从事环境水力学研究。

通讯作者:侯精明(1982-),男,河北怀安人,博士,教授,主要从事水力学及河流动力学研究。

1 西咸新区海绵城市建设概况

陕西省西咸新区是我国海绵城市建设第一批 16 个试点城市之一,试点区域位于沣河以西、渭河以南。本研究范围在沣西新城中部核心区(图 1),东临沣河,西至渭河,北到老西宝高速,南至西宝高速新线,研究范围 22.5 km^2 。(增加介绍 6 个分区,后面会用到)为落实海绵城市建设工作,试点区主要通过布设低影响开发措施,来满足年径流总量控制率,抵御超标暴雨及面源污染削减率要求^[16-18],形成兼顾“源头减排”、“管渠传输”、“排涝除险”等不同层级且相互耦合的雨水控制利用系统(图 2)。西咸新区新城建设排水系统尚不健全,积水内涝风险较高。西咸新区海绵城市建设试点区采用的 LID 设施主要类型有 3 种:生物滞留设施(Bioretention)、透水铺装/可渗透铺装系统(Permeable/Porous Pavement System)和绿色屋顶(Green Roof)或生态屋顶(Ecoroof)。

生物滞留设施(Bioretention)可分为 5 种类型:雨水花园(Rain Garden)、雨水花坛(Planter)、生物滞留池(Bioretention Cell)、生态草沟(Grass Swale)以及自然排水系统(Natural Drainage System)^[19-20]。根据沣西新城道路特点,试点区域道路两旁的 LID 措施主要采用的是雨水花园和生态滞留草沟。生物滞留带是西咸新区沣西新城使用较多的生态滞留设施,主要在秦皇大道、统一路等道路两旁以及同德佳苑等小区内使用,位置见图 1,实际效果见图 2。

透水铺装/可渗透铺装系统(Permeable/Porous Pavement System, PPS)的生态作用是增强雨水下渗能力,减少不透水面积,并且对径流污染物具有一定的削减效果^[21-22]。

西咸新区沣西新城已在秦皇大道人行道、康定和园小区内等地使用了透水铺装(图 2),布设位置见图 1。绿色屋顶(Green Roof)是 LID 中主要措施之一,西咸新区沣西新城已在西部云谷楼顶等地采用了绿色屋顶(图 3)。

2 内涝监测材料与方法

2.1 现场监测方法

本研究区域内内涝监测方法主要为人工现场巡测和人工标识结合图像识别两种方法,对积水深度达到 15 cm ,积水范围达到 500 m^2 以及积水时间超过 2 h 的内涝积水进行了监测。在内涝监测初期,由于液位仪等监测仪器设备并未完成安装,因此采

用人工现场巡测方法监测内涝。在监测中期,为了更加准确并快捷地监测内涝点的积水程度,对重点片区用全站仪进行了地形数据勘测并对易涝点易积水范围做了人工标识。在雨后积水形成时,拍摄积水照片。然后利用所获图像信息,分辨积水边界与邻近标识的距离,通过差值法并结合无人机测绘得到的高分辨率 DEM,能快速确定内涝点积水范围及积水深度。

2.2 代表性内涝积水监测结果

根据监测期内的降雨资料,选取两场代表性中型降雨作为典型对比。2015 年 8 月 2 日的降雨量为 30.4 mm ,降雨历时为 3.5 h ,雨型为单峰雨型。2016 年 6 月 23 日的降雨量为 31.6 mm ,降雨历时为 8.5 h ,雨型为双峰雨型(图 4)。两场雨量均为中型降雨,较为相似。降雨历时虽然相差较大,历时 3.5 h 的单峰降雨处于 8.5 h 双峰降雨的降雨峰值期间,也就是说 2016 年 6 月 23 日降雨历时为 8.5 h ,但是主要降雨量集中在 3.5 h 内,因此 2016 年 6 月 23 日的降雨强度并不小于 2015 年 8 月 2 日的降雨强度,故具有对照价值。

2015 年 8 月 2 日沣西新城核心区内的 1 号、2 号、3 号排水分区(见图 1)中的 LID 措施尚未开建,故仅对沣西新城的 4 号、5 号、6 号排水分区及周边地区进行内涝监测。监测到内涝点共 8 个,其中试点区域内 5 个,试点区域外 3 个。整体来看内涝点空间分布较为均匀。

与 2015 年 8 月 2 日内涝积水对比,2016 年 6 月 23 日内涝点减少了 3 个。秦皇大道(沣景路以南)西半幅非机动车道与秦皇大道(统一路至康定路段)东半幅道路完全建成 LID 措施后,内涝程度得到显著的改善,基本被消除。统一大道与同德路交叉口和同德路与永平路交叉口(佳美花园小区附近)等地也因正在进行 LID 措施改造,内涝得到不同程度的减缓。同时,试点区域外同文路(跨越西宝高速公路高架桥的南段)的内涝因为施工完成得到消除。将两场相似降雨监测到的内涝点详细数据作对比,其结果列于表 1。

3 LID 措施建设对内涝减缓影响机理分析

由表 1 可知在 LID 措施整体改造过程中,内涝积水得到了不同程度的改善,本节针对试点区域内中的主要道路尚未进行 LID 措施改造、改造中和改造完成后的代表区域的内涝积水情况和成因进行系统分析。

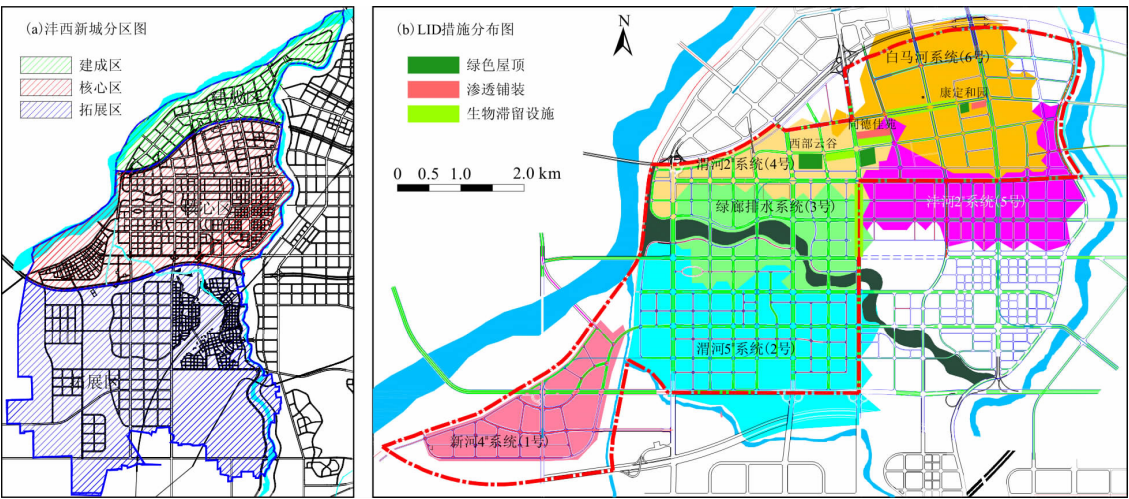


图 1 西咸新区沣西新城区位图及海绵城市建设试点区域内 LID 措施分布图



图 2 西咸新区雨水花园及渗透铺装

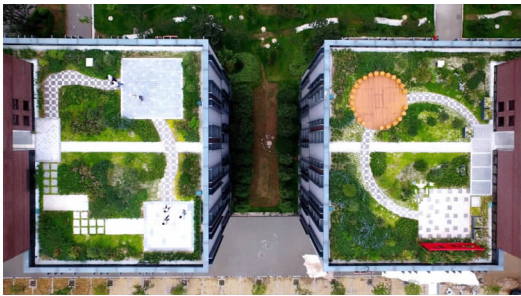


图 3 西咸新区西部云谷绿色屋顶

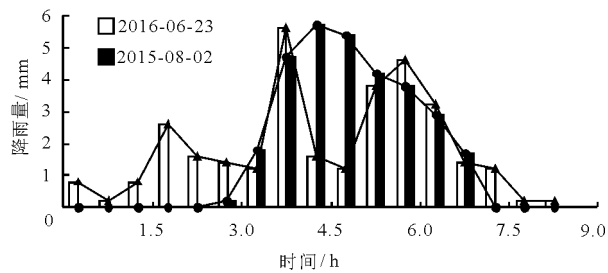


图 4 西咸新区所选两场降雨的雨型对比图

3.1 未进行 LID 措施改造区成涝情况

同文路(陕西服装学院门口)区段目前尚未进行 LID 措施改造,两场次的监测中发现内涝情况没有改善。如图 5 和表 1 所示最大积水范围和最大水深大致相同,同时说明所选两组监测数据具备充分的参考对照价值。

3.2 LID 措施改造前与改造中成涝情况及成因分析

统一路与同德路交叉口道路旁没有 LID 措施时,雨水无法及时排出只能积在地势低洼的非机动车道内,给非机动车的行驶带来了诸多不便。在 2016 年 6 月的监测中发现路面积水明显少于 2015 年积水,其中最大积水范围由 567 m² 减少到了 376 m²,改善程度为 33.69%,最大水深由 16.7 cm 减少到了 9.7 cm,

改善程度达到 43.75% (图 6)。



图 5 同文路(陕西服装学院门口)积水

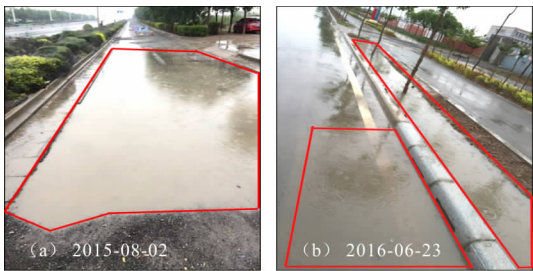


图 6 统一路与同德路交叉口积水对比图

这是由于在 2016 年 LID 措施改造过程期间将道路旁的绿化带挖开从而形成一定的蓄水措施,这些蓄水措施普遍略低于路面,雨水就会进入道路旁的滞留措施中。因此在改造过程中会改善易涝点的

成因分析:这是由于 LID 措施改造完成后,降雨形成的径流没有积在路面,而是汇入道路两旁的绿化带及人行道外的渗透塘就地消纳,因此不会形成内涝。

4 结 论

为验证 LID 措施对中型降雨致涝缓解效果,本文以西咸新区海绵城市建设试点区为研究对象,对比分析了不同 LID 措施改造进程情况下的两场相似降雨致涝程度,得出如下结论:

(1)易涝区域如秦皇大道两侧进行 LID 改造前积水严重,降雨结束后仍存在大量积水。改造为 LID 措施后,雨水全部流入了道路两旁的生物滞留设施中,路面积水已完全消除。可见 LID 措施建成后对一定程度的城市内涝治理效果明显;

(2)在 LID 措施改造过程中,会将道路两边的绿化带挖低从而形成一定的蓄水空间,雨水汇入并实现调蓄效果。可见 LID 措施在改造过程中也会降低易涝点的积水程度,观测发现最大积水面积可减少 33.7%;

(3)在未进行 LID 措施改造的区域,两场暴雨形成了相近程度的内涝积水,体现了代表性降雨选择的合理性并印证了上述结论的可靠性。

本文证实了海绵城市建设能够通过合理调控降雨径流来有效缓解内涝积水,LID 措施在解决城市内涝问题方面具有一定应用价值。将来的工作将在长序列监测资料的基础上,进一步展开 LID 措施对更多降雨类型致涝控制作用的量化研究。

参考文献:

- [1] 李浩. 城镇化率首次超过 50% 的国际现象观察——兼论中国城镇化发展现状及思考[J]. 城市规划学刊, 2013(1):43-50.
- [2] 杨龙,田富强,孙挺,等. 城市化对北京地区降水的影响研究进展[J]. 水力发电学报, 2015, 34(1):37-44.
- [3] 潘兴瑶,李其军,陈建刚,等. 城市地区流域洪水过程模拟:以清河为例[J]. 水力发电学报, 2015, 34(6):71-80.
- [4] 顾孝天,李宁,周扬,等. 北京“7·21”暴雨引发的城市内涝灾害防御思考[J]. 自然灾害学报, 2015, 22(2):1-6.
- [5] 石勇,许世远,石纯,等. 基于情景模拟的上海中心城区居民住宅的暴雨内涝风险评价[J]. 自然灾害学报,

- 2011,20(3):177-182.
- [6] 孙阿丽,石纯,石勇. 基于情景模拟的暴雨内涝危险性评价——以黄浦区为例[J]. 地理科学, 2010,30(3):465-468.
- [7] 王江波,张茜,吴丽萍,等. 我国城市内涝问题研究综述[J]. 安徽农业科学, 2013,41(30):12072-12078+12097.
- [8] 吴丹洁,詹圣泽,李友华,等. 中国特色海绵城市的新兴趋势与实践研究[J]. 中国软科学,2016(1):79-97.
- [9] 叶斌,盛代林,门小瑜. 城市内涝的成因及其对策[J]. 水利经济, 2010, 28(4):62-65+78.
- [10] 张炜,李思敏,时真男. 我国城市暴雨内涝的成因及其应对策略[J]. 自然灾害学报, 2012,21(5):180-184.
- [11] 张景奇,娄成武. 城市治理视野下我国大城市内涝防治研究[J]. 上海行政学院学报, 2014, 15(4):31-39.
- [12] 黄泽钧. 关于城市内涝灾害问题与对策的思考[J]. 水科学与工程学报, 2012(1):7-10.
- [13] 杜雨欣. 全国 657 城中有 300 多属严重缺水或缺水城市[EB/OL]. [2014-05-18][2014-12-28]. <http://env.people.com.cn/n/2014/0519/c1010101025033549.html>
- [14] 王文亮,李俊奇,王二松,等. 海绵城市建设要点简析[J]. 建设科技, 2015(1):19-21.
- [15] 车伍,赵杨,李俊奇. 海绵城市建设热潮下的冷思考[J]. 南方建筑, 2015(4):104-107.
- [16] 李彤玥,牛品一,顾朝林. 弹性城市研究框架综述[J]. 城市规划学刊, 2014(5):23-31.
- [17] 刘文,陈卫平,彭驰. 城市雨洪管理低影响开发技术研究与利用进展[J]. 应用生态学报, 2015, 26(6):1901-1912.
- [18] 杨文哲,陈淑芬,张克峰,等. 抑制城市内涝的有效措施:雨水资源化[J]. 中国人口·资源与环境, 2011,21(3):176-178.
- [19] AHIABLA L M, ENGEL B A, CHAUBEY I. Effectiveness of low impact development practices: Literature review and suggestions for future research[J]. Water Air and Soil Pollution, 2012, 223(7):4253-4273.
- [20] DIETZ M E. Low impact development practices: A review of current research and recommendations for future directions[J]. Water Air and Soil Pollution, 2016, 22(1-4):351-363.
- [21] 仇保兴. 海绵城市(LID)的内涵、途径与展望[J]. 建设科技, 2015(1):11-18.
- [22] 王红武,毛云峰,高原,等. 低影响开发(LID)的工程措施及其效果[J]. 环境科学与技术, 2012,35(10):99-103.