

基于 LID 的东辽阳径流控制及景观规划设计方法

张 军¹, 王君仪¹, 修黛茜², 李 绥²

(1. 东北林业大学土木工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150040; 2. 沈阳建筑大学生态城镇化与绿色建筑研究中心, 辽宁 沈阳 110168)

摘 要 目的 研究土地利用方式的改变对径流控制率的影响, 提出增加径流控制率的低影响开发(LID)技术措施, 使得研究区整体控制率大于 75%。方法 根据东辽阳规划前后土地利用类型的改变与径流控制率的关系, 识别不同土地利用方式; 利用方程计算及模型输出, 分析各用地类型径流控制率情况, 识别不同用地类型与径流控制率的关系。结果 通过改变用地类型可以增加径流控制率 19%, 绿地采用较高的年径流总量控制率控制标准, 道路、市政设施用地年径流总量控制率标准较低, 居住、商业、公用设施用地采用 70% 左右的年径流总量控制率目标。结论 通过增加绿化和水域面积可以增加径流控制率, 仅通过下沉式绿地和透水铺装可满足海绵城市指标要求, 但也可使用其他 LID 技术联用以保证达成建设目标。

关键词 LID; 径流控制; 景观规划设计; 东辽阳

中图分类号 TU984.11+5

文献标志码 A

Control and Landscape Design Planning Method of Runoff in East Liaoyang Based on LID

ZHANG Jun¹, WANG Junyi¹, XIU Daixi², LI Sui²

(1. School of Civil Engineering, Northeast Forestry University, Harbin, China, 150040; 2. Research Center of Ecological Urbanization and Green Building, Shenyang Jianzhu University, Shenyang, China, 110168)

Abstract: The influence of land use change on runoff control rate was studied, and the low impact development (LID) technical measures to increase runoff control rate were proposed. The overall control rate of the study area was greater than 75%. According to the East Liaoyang land use planning changes and types of the relationship between the rate of runoff control, different land use patterns recognition, using equation calculation and model output, analyzes all kinds of land runoff control rate, without recognition of relationship between land types and runoff control rate. By changing the land use types can increase the runoff control rate of 19%, green high annual runoff control rate control standard, roads, municipal facilities land runoff control rate was low, residential, commercial, public facilities land use about 70% of the total annual runoff control rate. By increasing the greening and water area can increase the runoff control rate, only through the sunken

收稿日期: 2016-11-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(51578344)

作者简介: 张军(1971—), 男, 副教授, 博士, 主要从事建筑规划设计方面研究。

green space and permeable pavement can meet the requirements of sponge city index ,but also can use other LID technique in order to achieve the goal of building.

Key words:LID;runoff control;landscape planning and design;East Liaoyang

随着我国城镇化水平不断增长,城市雨洪灾害频发,水环境问题日益严峻.城市雨水问题已经逐渐发展成为制约城市可持续发展的重要因素之一.城市硬质地面的不断增加导致雨水渗透量逐年减少,海绵城市建设已经迫在眉睫^[1-2].

海绵城市是指城市能够像海绵体一样具有吸水、蓄水、释水的能力,因此也可以称作是“水弹性城市”^[3-4].海绵城市的本质是改变传统城市建设理念,尽量在少改变甚至不改变生态环境的基础上,实现城市与资源环境的协调发展^[5-7].随着科技的进步,在“成功的”工业文明达到顶峰的时代,对土地进行的高强度开发造成严重的城市病和生态危机;而在海绵城市的建设中,我国遵循的则是顺应自然、与自然和谐共处的低影响发展模式^[8-9].

海绵城市的理念改变了我国城市建设“以排为主”的雨洪管理措施.自2015年4月国家启动海绵城市试点项目以来,全国各城市新区、各类园区、成片开发区全面落实海绵城市建设要求,东辽阳作为我国辽宁省老工业搬迁区是需要重点更新改造的城区之一.基于此,笔者利用LID技术,借鉴自然界雨水管理原理与过程,利用生态式雨水管理途径与补充,完善城市雨水管理方法,解决城市内涝、雨水收集利用,推进区域整体治理,逐步实现“小雨不积水、大雨不内涝、热岛有缓解”的目标^[10-11].

1 区域概况与研究方法

1.1 研究区域概况

辽阳市位于辽东半岛城市群的中部,属北温带大陆性季风气候,温和、湿润,四季分明,年平均温度为8.5℃;最高温度为38.0℃;最低温度为-35.6℃.年平均降水量为742.7 mm.

年平均蒸发量为1 725.1 mm.全年无霜期平均为173 d.最大冻土深度为1 260 mm.

文中研究区为东辽阳,位于辽阳市的太子河左岸东南方向,属老城区,东邻太子河,西至文圣路,南到南环街,北至赵纸房街,地块南北长约2.7 km,东西宽约3.7 km,区域总面积6.53 km².其中工业用地1.98 km²,占东辽阳老工业区面积的30.32%.研究区现将老工业区和棚户区改造为以居住和商业为主的城市活力新区.

1.2 数据收集及处理

基于2015年Quickbird影像,解译现状下垫面状况,土地利用类型主要分为农田、建筑用地、水域、绿地、道路、不透水广场、裸地等.分类结果如图1和表1所示.

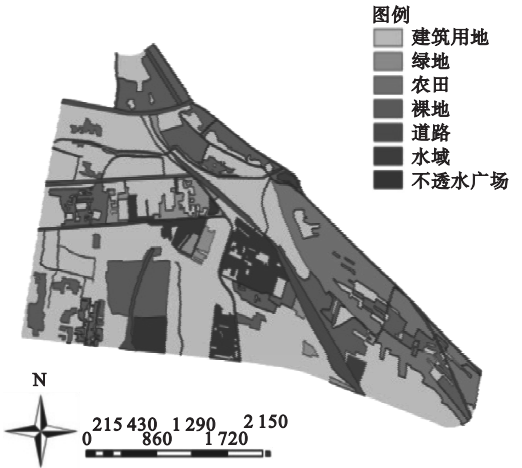


图1 研究区地块现状下垫面类型

Fig. 1 Study area plots of the underlying surface type

表1 开发前各用地类型

Table 1 Various land use types before development

土地类型	面积/km ²	比例/%
建筑用地	3.29	51.73
绿地	0.24	3.77
农田	0.62	9.80
裸地	1.32	20.68
道路	0.46	7.20
不透水广场	0.43	6.83

根据辽阳市总体规划(2001—2020 年),结合卫星影像,将研究区划分为 344 个地块,对每个地块逐一进行土地利用类型的分类、属性统计、最后汇总分析.土地利用类型主要分为:居住用地、工业用地、物流仓储用地、绿地、商业用地、道路广场用地、公用设施用地、行教文卫用地、水域.分类结果如图 2 和表 2 所示.

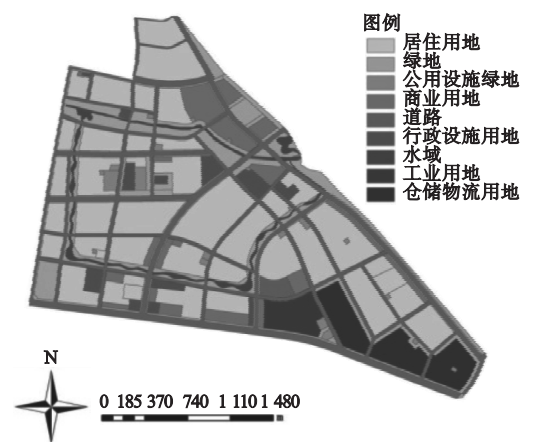


图 2 规划后研究区地块划分及土地利用类型

Fig. 2 Plots and land use types in the post planning study area

表 2 开发后各用地类型

Table 2 Various land use types after development

用地类型	面积/km ²	占总面积比例/%
居住用地	2.84	44.57
工业用地	0.14	2.18
仓储用地	0.37	5.77
绿地	1.27	19.97
商业用地	0.28	4.37
道路广场	1.18	18.55
公用设施	0.09	1.43
行教文卫	0.20	3.16
总和	6.36	100

1.3 研究区控制率确定

根据《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建》(建城函〔2014〕275 号),辽阳市属 III 区,年径流总量控制率 α 的范围应为 $75\% \leq \alpha \leq 85\%$. 可以通过 LID 措施设计使用使其满足海绵城市规划需求.综合考虑基地的自然环境和城市定位、规划理念、经济发展等多方面条件,取年径流总量控制率为 75%.

1.4 研究方法

笔者运用方程计算及 GIS 模型输出的方法对海绵城市建设的各用地径流控制率指标进行分解,具体计算方程如下.

(1) 容积法

$$V = 10H\varphi F.$$

式中: V 为设计调蓄容积, m^3 ; H 为设计降雨量, mm ; φ 为综合雨量径流系数; F 为汇水面积, hm^2 .

(2) 水量平衡分析法

用于下沉式绿地储存容积计算,方程为

$$Q_0 = S + U_1.$$

式中: Q_0 为计算时段进入低势绿地的雨水径流量, m^3 ; S 为计算时段内低势绿地的雨水下渗量, m^3 ; U_1 为计算时段结束时低势绿地的最大蓄水量, m^3 .

$$S = KJF_2T.$$

式中: K 为土壤稳定入渗速率, m/s ; J 为水力坡度; T 为计算时段, s ; F_2 为汇水面积, m^2 .

$$U_1 = F_2\Delta h.$$

式中: F_2 为汇水面积, m^2 ; Δh 为下凹深度, m .

1.5 参数确定

设计降雨量计算参照《海绵城市建设技术指南》标准,选取辽阳市 1985—2012 年逐日降雨(不包括降雪),得到的设计降雨量如图 3 所示.其中各节点控制率对应降雨量见表 3.从表 3 中可以看出年径流总量控制率 75% 对应设计降雨量应该为 22 mm.

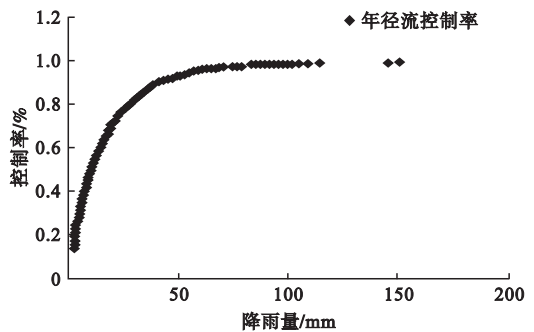


图 3 东辽阳年径流总量控制率与对应设计降雨量

Fig. 3 Control rate of total annual runoff in East Liaoyang and corresponding design rainfall

表3 各节点控制率对应降雨量

Table 3 The control rate of each node corresponds to the amount of rainfall

径流总量控制率/%	设计降雨量/mm	径流总量控制率/%	设计降雨量/mm
0	13.7	75	22.4
65	16.1	80	26.7
70	18.9	85	32.7

径流系数表如表4所示. 笔者综合雨量径流系数计算,参照表4来进行加权平均计算. 东辽阳地下土质为粉质黏土,其渗透系数为 $1.16 \times 10^{-6} \sim 2.89 \times 10^{-6}$ m/s,笔者取 1.16×10^{-6} m/s.

表4 径流系数

Table 4 The runoff coefficient

系统(下垫面种类)	规范中径流系数	径流系数
硬质铺装(干砌砖)	0.40	0.40
绿地	0.15	0.15
水体	1.00	1.00
建筑(硬质屋面)	0.80~0.90	0.85
车行路(块石)	0.50~0.60	0.60
车行路(沥青)	0.80~0.90	0.90
步行路(块石、干砌砖)	0.50~0.60	0.60
停车场(沥青)	0.80~0.90	0.90

2 规划设计结果与分析

2.1 研究区规划前后径流控制率分析

规划前综合径流系数如表5所示,规划后综合径流系数如表6所示. 根据《修建性详细规划》中各土地利用类型的建筑密度、绿化率,按表7取值.

表5 规划前综合径流系数

Table 5 Comprehensive runoff coefficient

土地类型	面积/km ²	比例/%	雨量径流系数
建筑用地	3.29	51.73	0.90
绿地	0.24	3.77	0.15
农田	0.62	9.80	0.15
裸地	1.32	20.68	0.30
道路	0.46	7.20	0.90
不透水广场	0.43	6.83	0.90

表6 规划综合径流系数

Table 6 Planning comprehensive runoff coefficient

土地类型	面积/km ²	占总面积比	径流控制率/%
居住用地	2.84	0.445 689	48.50
工业用地	0.14	0.021 765	35.00
仓储用地	0.37	0.057 705	35.00
绿地	1.27	0.199 657	82.20
商业用地	0.28	0.043 719	39.20
道路广场	1.18	0.185 545	41.00
公用设施	0.09	0.014 316	48.50
行教文卫	0.20	0.031 587	45.70
总和	6.36	1	—

表7 各用地类型规划指标

Table 7 Index of various land use types

用地类型	建筑密度	绿化率	硬化路面率
居住用地	0.35	0.35	0.30
工业用地	0.60	0.20	0.20
物流仓储用地	0.60	0.20	0.20
绿地	0	0.95	0.05
商业用地	0.45	0.25	0.30
道路广场用地	0	0.20	0.80
公用设施用地	0.40	0.30	0.30
科教文卫用地	0.35	0.35	0.30

根据表5按不同种类地面组成的排水面积的径流系数加权平均计算得出东辽阳开发前综合径流系数为0.67,即开发前降雨径流控制率为33%. 根据表6开发后规划各地块雨水控制率加权计算,得出东辽阳规划后综合径流控制率为52%. 因此,从径流控制率来看,在开发后通过对用地性质的重新规划完善径流控制率增加了19%.

2.2 海绵城市指标分解

结合遥感影像将所有地块按未开发、新建、可改造、不可改造进行分类. 按照4类进行实地考察,根据地况对所有地块逐一进行控制率的初步确定,控制率初步确定后,根据径流系数计算各地块的总调蓄容积,根据式(1)得到各土地利用类型的总调蓄容积. 居住用地:68 616 m³;工业用地:1 690 m³;物流仓储用地:4 480 m³;绿地:40 322 m³;商业用地:5 470 m³;道路用地:14 404 m³;公用设施用地:1 821 m³;科教文卫用地:2 452 m³.

由各地块调蓄容积结合式(1)可确定各地块低影响开发雨水系统的设计降雨量,对照表6确定各地块低影响开发雨水系统的年径流总量控制率,各地块低影响开发雨水系统的年径流总量控制率经汇水面积与各地块综合雨量径流系数的乘积加权平均,得到城市研究区规划范围内低影响开发雨水系统的年径流总量控制率及各土地利用类型控制率.重复进行上述步骤,使得城市总体规划提出的年径流总量控制率达到目标要求.居住用地:77.4%;工业用地:45.8%;物流仓储用地:67.3%;绿地:84.4%;商业用地:69.7%;道路用地:53.8%;公用设施用地:71.6%;科教文卫用地:54.1%.

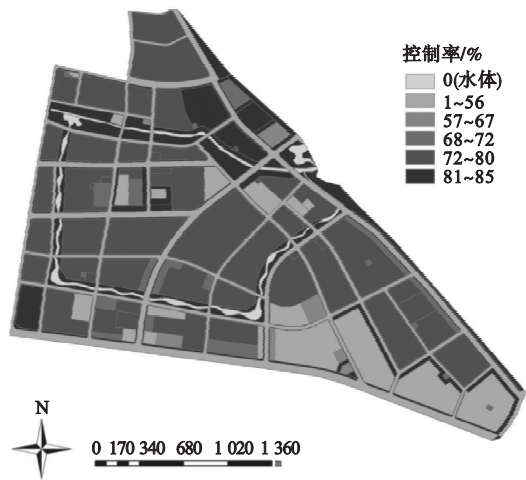


图4 研究区径流总量控制率分布图

Fig. 4 Distribution of total runoff in the study area
对于研究区内部的海绵城市建设,需要

严格执行年径流总量控制率的目标,以保证海绵城市规划的总体目标实现.其中,对绿地等自然研究区条件较好的建设用地,采用较高的年径流总量控制率控制标准,对道路、市政设施用地等不透水面积较大的建设用地,年径流总量控制率标准较低,对于居住、商业、公用设施用地,采用70%左右的年径流总量控制率目标.

3 LID 措施比选及确定

海绵城市可以理解为先进的低影响开发雨水系统设计,是超越传统“灰色基础设施”的更先进更环境友好和可持续发展的城市设计^[12-13].低影响开发提倡因地制宜,与景观规划设计相结合,采用透水铺装、下沉式绿地、绿色屋顶、植被浅沟等措施对雨水径流进行生态化处理,使城市水文效应尽可能维持或恢复到开发前状态的可持续的雨水自然循环过程^[14-16].

作为 LID 的主要技术措施,透水铺装和下沉式绿地都具有其突出的优点.下沉式绿地具有狭义和广义之分,狭义的下沉式绿地指低于周边铺砌地面或道路 200 mm 以内的绿地(见图5);广义的下沉式绿地泛指具有一定的调蓄容积(在以径流总量控制为目标进行目标分解或设计计算时,不包括调节容积),且可用于调蓄和净化径流雨水的绿地,包括生物滞留设施、渗透塘、湿塘、雨水湿地、调节塘等^[17-19].

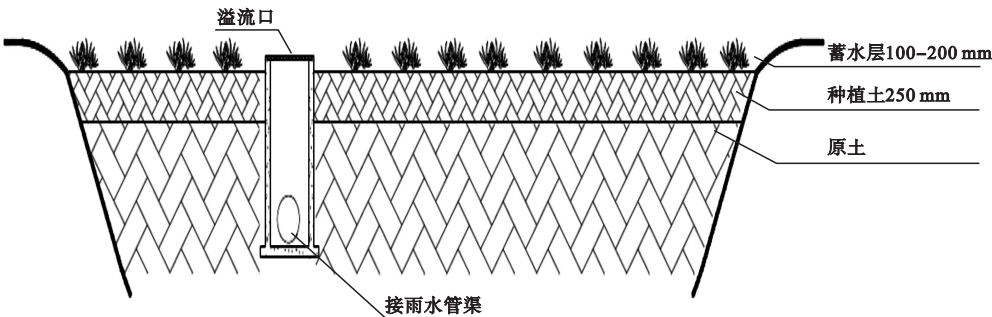


图5 狭义下沉式绿地示意图

Fig. 5 Sketch map of concave green space in narrow sense

透水铺装按照面层材料不同可分为透水砖铺装、透水水泥混凝土铺装和透水沥青混凝土铺装,嵌草砖、园林铺装中的鹅卵石、碎石铺装等也属于渗透铺装. 透水铺装适用区域广、施工方便,可补充地下水并具有一定的峰值,流量削减和雨水净化作用^[20-21]. 透水铺装结构示意图如图 6 所示.

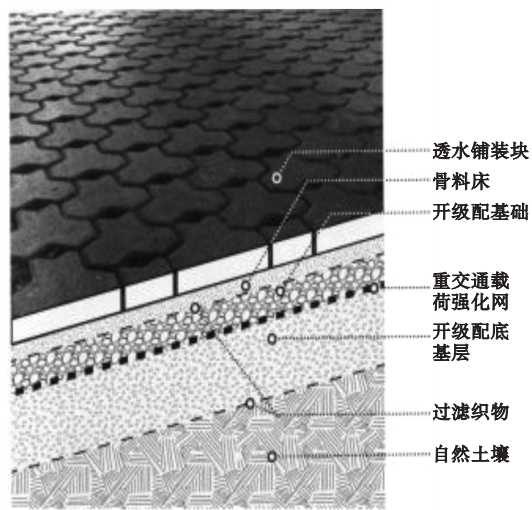


图 6 透水铺装结构示意图

Fig. 6 Schematic diagram of permeable pavement structure

下沉式绿地和透水铺装的结合使用可有效降低地表径流量,减少洪峰流量,从而有效防洪排涝和利用雨洪资源;下沉式绿地与透水铺装建设成本较低,研究区规划绿地面积较多,适宜这两种 LID 措施的开发使用.

根据水量平衡法简化(见式(2))计算各地块下沉式绿地可调蓄容积,参照表 7,确定各地块可实现的下沉式绿地率及其下沉深度等控制指标. 透水铺装的规模则通过参与综合雨量径流系数计算的方式确定. 笔者所规划的研究区下沉式绿地分布、透水铺装分布分别如图 7、图 8 所示.

通过实地考察结合模型模拟分析,为确保雨水资源的合理利用和城市面源污染的有效控制,在达到 LID 指标的基础上,规划可于新开河流两侧布置 10~30 m 的绿色廊道,采用乔灌木相结合的方式绿化,减少非点

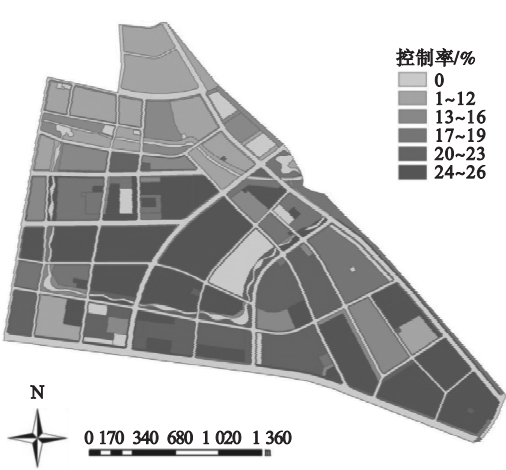


图 7 研究区下沉式绿地分布图

Fig. 7 The distribution map of the sunken green space in the study area

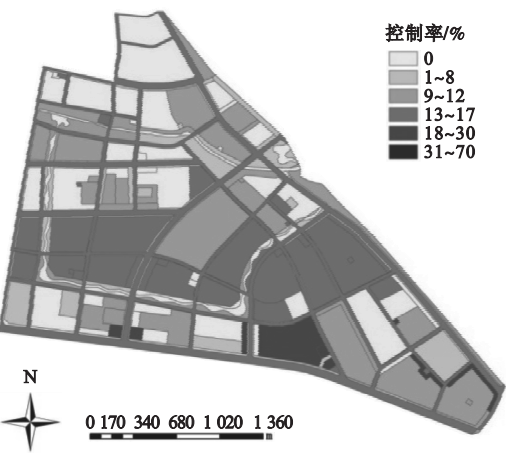


图 8 研究区透水铺装分布图

Fig. 8 The distribution of permeable pavement in study area

源污染入河. 新开河流太子河入口处建立生态湿地,减少输入型污染对河流水质的影响. 绿地布局尽量采用小块均匀分布方式. 地上露天停车场全部采用透水铺装设施,地下停车场采用绿色屋顶设施.

4 结 论

(1)以东辽阳为研究对象,对规划前后区域内下垫面进行分析,通过增加水体面积及绿地面积可以使雨水径流控制率增加 19%.

(2)基于 LID 理念,根据东辽阳海绵城

市建设的实际情况及水文气候和降水特征,采用透水铺装和下沉式绿地的雨水径流控制对策,可以实现有效增加雨水径流控制率、节约水资源、保护和改善城市生态环境的目的。

(3)规划设计年径流总量控制率达到75%的目标时,下沉式绿地面积为350 000 m²,透水铺装面积为240 000 m².总调蓄容积可达 $1.7 \times 10^5 \text{ m}^3$ 。

参考文献

- [1] 俞孔坚,李迪华,袁弘,等.“海绵城市”理论与实践[J].城市规划,2015,39(6):26-36.
(YU Kongjian, LI Dihua, YUAN Hong, et al. “Sponge city”: theory and practice [J]. City planning review, 2015, 39(6): 26-36.)
- [2] 车伍,张鹏,赵杨.我国排水防涝及海绵城市建设中若干问题分析[J].建设科技,2015(1):22-25.
(CHE Wu, ZHANG Kun, ZHAO Yang. Analysis of some problems in drainage and waterlogging prevention and construction of sponge city in China [J]. Construction science and technology, 2015(1): 22-25.)
- [3] 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.
(WANG Wenliang, LI Junqi, WANG Ersong, et al. A brief analysis on the construction of sponge city [J]. Construction science and technology, 2015(1): 19-21.)
- [4] KLOSS C. Green infrastructure for urban stormwater management [C]//International Low Impact Development Conference. Washington: [s. n.], 2008: 1-7.
- [5] JENCKS R, DURBIN S, MCWALTER K. The low impact design charrette: engaging the public and expanding green stormwater management in San Francisco [C]//International Low Impact Development Conference. Washington: [s. n.], 2008: 1-9.
- [6] 沃夫冈·F·盖格.海绵城市和低影响开发技术:愿景与传统[J].景观设计学,2015(2):10-21.
(GEIGER W F. Sponge city and low impact development technology, vision and traditional [J]. Landscape architecture frontiers, 2015(2): 10-21.)
- [7] 邢薇,赵冬泉,陈吉宁,等.基于低影响开发(LID)的可持续城市雨水系统[J].中国给水排水,2011,27(20):13-16.
(XING Wei, ZHAO Dongquan, CHEN Jining, et al. Sustainable urban rainwater system based on low impact development [J]. China water and wastewater, 2011, 27(20): 13-16.)
- [8] 车伍,张伟,王建龙,等.低影响开发与绿色雨水基础设施:解决城市严重雨洪问题措施[J].建设科技,2010(21):48-51.
(CHE Wu, ZHANG Wei, WANG Jianlong, et al. Low impact development and green stormwater infrastructure: the measure to solve urban severe rain flood problem [J]. Construction science and technology, 2010(21): 48-51.)
- [9] 仇保兴.海绵城市(LID)的内涵、途径与展望[J].建设科技,2015(3):11-18.
(QIU Baoxing. The connotation, approach and prospect of the sponge city (LID) [J]. Construction science and technology, 2015(3): 11-18.)
- [10] 李强.低影响开发理论与方法述评[J].城市发展研究,2013,20(6):30-35.
(LI Qiang. Review of the theory and methods of low impact development [J]. Urban development studies, 2013, 20(6): 30-35.)
- [11] 陈雄,何红霞,郝慧敏.基于低影响开发的城市住区空间规划设计[J].华中建筑,2012,30(4):117-120.
(CHEN Xiong, HE Hongxia, HAO Huimin. Space planning and design of urban settlements based on low-impact development [J]. Huazhong architecture, 2012, 30(4): 117-120.)
- [12] 胡作鹏,刘志强,彭森,等.低影响开发(LID)雨水径流控制效果模拟[J].环境工程学报,2016,10(7):3956-3960.
(HU Zuopeng, LIU Zhiqiang, PENG Sen, et al. Simulation of storm water runoff control effect by low impact development (LID) [J]. Chinese journal of environmental engineering, 2016, 10(7): 3956-3960.)
- [13] 赵宇.低影响开发理念在城市规划中的应用实践[J].规划师,2013,29(B08):42-46.

- (ZHAO Yu. The application practice of LID theory in urban planing[J]. Planners,2013,29 (B08) :42 - 46.)
- [14] 赵华,张峰,林文卓. 浅谈低影响开发在我国的发展现状及其局限性[J]. 建设科技,2013 (16) :54 - 56.
(ZHAO Hua, ZHANG Feng, LIN Wenzhuo. On the current situation and limitations of low impact development in China[J]. Construction science and technology,2013 (16) :54 - 56.)
- [15] 苗展堂,孙奎利. 低影响开发理念下的城市雨水设施系统规划模式研究[J]. 建筑学报,2014(增刊2) :40 - 43.
(MIAO Zhantang, SUN Kuili. Urban rainwater infrastructure planning based on low impact development [J]. Architectural journal, 2014 (S2) :40 - 43.)
- [16] 张伟,车伍,王建龙,等. 利用绿色基础设施控制城市雨水径流[J]. 中国给水排水,2011 (4) :22 - 27.
(ZHANG Wei, CHE Wu, WANG Jianlong, et al. Management of urban storm water runoff by green infrastructures [J]. China water & wastewater,2011 (4) :22 - 27.)
- [17] 苏义敬,王思思,车伍,等. 基于“海绵城市”理念的下沉式绿地优化设计[J]. 南方建筑,2014 (3) :39 - 43.
(SU Yijing, WANG Sisi, CHE Wu, et al. Optimization design of sunken greenbelt based on the concept of “sponge city” [J]. Southern architecture,2014 (3) :39 - 43.)
- [18] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 海绵城市建设技术指南:低影响开发雨水系统构建[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2014.
(Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People' s Republic of China. Sponge urban construction technology guide: low impact development of rainwater system-build [M]. Beijing: China Architecture & Building Press,2014.)
- [19] 张善峰,宋绍杭,王剑云. 低影响开发:城市雨水问题解决的景观学方法[J]. 华中建筑,2012 (5) :83 - 88.
(ZHANG Shanfeng, SONG Shaohang, WANG Jianyun. Low impact development (LID) : the landscape approach of solving the urban storm-waterproblems [J]. Huazhong architecture, 2012 (5) :83 - 88)
- [20] 刘文,陈卫平,彭驰. 城市雨洪管理低影响开发技术研究利用进展[J]. 应用生态学报,2015,26 (6) :1901 - 1912.
(LIU Wen, CHEN Weiping, PENG Chi. Advances in low impact development technology for urban stormwater management[J]. Chinese journal of applied ecology, 2015, 26 (6) :1901 - 1912.)
- [21] 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 (10) :105 - 109.
(WANG Hongwu, MAO Yunfeng, GAO Yuan, et al. Low impact development practice and its effects [J]. Environmental science and technology,2012 (10) :105 - 109.)
- [18] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 海绵城