

基于“海绵城市”理念的城市绿地优化途径

陈珂珂, 何瑞珍, 梁涛, 田国行

(河南农业大学 林学院, 河南 郑州 450002)

摘要: [目的] 分析城市绿地、汇水区与积水点的关系, 需优化绿地与汇水区的关系, 以期能够缓解城市雨水径流问题。[方法] 融合“海绵城市”与国内外最新的生态雨洪管理理念, 以郑州市为例, 采用 ArcGIS 10.0 软件将其划分为 93 个汇水区, 通过水量平衡法理论计算需优化绿地面积的参数。[结果] 在现状绿地与汇水区面积比值不同和单次降雨分别为 50, 100, 200 mm 的情况下, 得出需优化绿地与汇水区面积的不同比值, 并建立相应的回归方程, 且得出在绿地率为 30% 左右时绿地调蓄效果较好。[结论] 城市绿地可以从增加城市绿地规模、合理布局城市绿地以及具体实施途径方面进行优化。

关键词: 城市绿地; “海绵城市”; 汇水面; 积水点

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2016)03-0258-07

中图分类号: TU986

文献参数: 陈珂珂, 何瑞珍, 梁涛, 等. 基于“海绵城市”理念的城市绿地优化途径[J]. 水土保持通报, 2016, 36(3): 258-264. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.03.045

Optimization Approach of Urban Green Space Based on Concept of “Sponge City”

CHEN Keke, HE Ruizhen, LIANG Tao, TIAN Guohang

(College of Forestry, He'nan Agriculture University, Zhengzhou, He'nan 450002, China)

Abstract: [Object] To analyze the relationships among urban green space, catchment area and water point in order to relieve urban storm runoff. [Methods] Based on the latest concept of “sponge city” and ecological stormwater management, we took Zhengzhou City as a case study. The study area was divided into 93 catchment areas. By using water balance method, parameters of green space were calculated. [Results] We summarized the regression relationships between the existing green space and the catchment area, and obtained different green space/water catchment area ratios under different rainfall conditions (50, 100 and 200 mm). The result showed that the regulation and storage effect was the best when the green space ratio was 30%. [Conclusion] Urban green space can be optimized by increasing urban green space scale, reasonable layout and the concrete implementation ways.

Keywords: urban green space; “sponge city”; catchment area; water point

近年来,中国的城市化侵占大量的农田、林地、湖泊、河流等自然生态系统,使城市土地利用发生了改变^[1],导致降雨频率以及降雨量的增加,形成了城市特有的“雨岛效应”。地表径流量的增加很大程度上加剧了水土流失、土壤侵蚀、暴雨积水以及城市雨水径流的面源污染^[2]。城市水安全问题日益凸显,如水环境污染、水资源短缺、城市暴雨洪涝灾害等^[3]。传统的依赖市政管网建设和灰色基础设施将雨水快速

排出的思想已经不能满足现代城市雨水管理的需要。因此需要转变思路,把雨水当成城市宝贵的资源、解渴的财富,依据当代城市最先进的雨洪管理理念和技术,利用绿地,从源头上将雨水渗蓄利用,就地消纳^[4]。

城市绿地作为城市生态系统中仅存的保留有水气循环功能的组成部分,对改善城市生态环境,减少地表径流流量、污染,增强土壤渗透性,减轻土壤的侵蚀,回补地下水具有重要作用^[5]。然而城市土地昂贵的价

收稿日期:2015-06-29

修回日期:2015-08-08

资助项目:河南省科技攻关项目“基于 3S 技术的区域非点源污染定量评估研究”(112102110027)

第一作者:陈珂珂(1992—),女(汉族),河南省商丘市人,硕士研究生,研究方向为风景园林学。E-mail:1067794935@qq.com。

通讯作者:田国行(1964—),男(汉族),河南省封丘市人,博士,教授,主要从事风景园林规划与设计研究。E-mail:tgh0810@163.com。

格,限制了绿地的发展。通过具体的绿地优化,实现对地块内雨水的控制和有效利用,是海绵城市研究的主要对象,也是本文研究的主要内容。海绵城市是指城市能够像海绵一样,在面对城市环境变化时能够具有良好的“弹性”,比喻城市或土地的雨洪调蓄能力^[6]。

美国是最早开始雨洪调蓄研究的国家之一,从最佳雨水管理措施(best management practices, BMPs)发展到低影响开发(low impact development, LID)^[7-8]。美国环保局(environment protection agency, EPA)制定了大量的法律、政策、经济技术手段来促进雨水处理措施的有效实施^[9]。且以提高雨水的天然下渗能力为宗旨,就地进行雨水收集、渗透、储存和净化,注重雨水与绿地、水系等自然条件与景观的生态设计相结合,采用分散、小型的源头雨水处理措施来获得景观、生态、环境等多种效益^[10]。澳大利亚的水敏型城市设计(water sensitive urban design, WSUD)强调城市整体规划和设计与城市的整体水文循环过程相结合,通过雨水处理技术与景观设计来保护城市水质和水生态系统健康^[11]。此外英国、德国、日本、新西兰等国家都在进行类似的实践,如英国伦敦的可持续排水系统(sustainable urban drainage systems, SUDS),德国典型的“湿地过滤沟系统”,日本成立了“日本雨水贮留渗透技术协会”以及新西兰的低影响城市设计与开发(low impact urban design and development, LIUDD)等。

关于海绵城市理念,中国尚处于起步阶段且在城市的小尺度进行,但其理论和方法也多应用到多个项目的规划设计实践中。俞孔坚指出“河流两侧的自然湿地如同海绵,调节河水之丰俭,缓解旱涝灾害”^[12];同时实践运用生态基础设施来综合解决以水为核心的城市问题^[13-14]。董淑秋等^[15]在北京《首钢工业区改造》中,针对规划区雨水利用问题,从城市规划层面前瞻性的提出了“生态排水+官网排水”的生态海绵城市理念。莫琳等^[16]结合亦庄经济开发区南部拓展区融合国内外的最新生态雨洪调蓄理念,构建以水系和绿地为核心的“绿色海绵”技术方案等。

本文拟以郑州市区为研究对象,在调查市区内具有雨水调蓄功能的裸露土地、植物等自然要素的基础上,以各个汇水区内的雨水就地消纳为宗旨,从绿地的规划布局、数量特征、降雨强度等多个方面,分析郑

州“海绵”城市建设的途径和措施^[17],以期能够缓解城市雨水径流问题。

1 研究区概况

2013年,郑州市建成区面积为382.7 km²(含上街26.6 km²),本研究选择了包括金水区、二七区、中原区、管城区、郑东新区、高新区和经开区的部分范围,面积约262.45 km²。郑州市1991—2013年年降水量变幅在353.2~1 010.6 mm之间,变化幅度大,多年(1991—2013)平均降水量为620.37 mm。降雨时空分布不均匀,集中分布在6—9月,占全年降雨量的65.4%左右。集中的降水极易产生较大的径流,造成城市积水。

2 研究方法

本文首先利用ArcGIS 10.0软件,对郑州市Google影像进行坐标配准、几何校正、辐射增强、光谱增强等影像预处理,然后通过计算机解译结合目视判读,制作郑州市绿地分布图。其次利用ArcGIS 10.0的水文分析模块对郑州市DEM(dynamic effect model)数据进行水文分析。主要包括无洼地DEM生成、河网提取以及流域的分割技术等,最终形成本文研究的93个子汇水区,并求出各个子汇水区的面积。再通过ArcGIS 10.0空间叠加技术将子汇水区与郑州市对外公布的积水点图进行了空间叠加。最后根据海绵城市的理念,基于雨水全部下渗的思想,对土壤分布图、绿地和汇水区之间的关系进行了量化研究,在此基础上,进行了各汇区内绿地的优化设计途径的探讨。

3 结果与分析

3.1 市区绿地现状分析

研究中对区域卫星影像图进行了城市绿地的人工解译,得到该区域绿地斑块空间分布数据(表1—2)。从表1和表2可以看出,绿地斑块面积在100~3 000 m²范围内的斑块数量约占总绿地斑块数量84.40%,面积上所占比例为12.72%;绿地斑块面积在3 000~100 000 m²的绿地占总绿地面积的87.25%。因此可以得知该区域内绿地以中小型斑块绿地为主,数量多、面积较小。

表1 郑州市区城市绿地数据统计

绿地斑块数量/个	最小绿地面积/m ²	最大绿地面积/m ²	平均绿地面积/m ²	总绿地面积/m ²	市辖区总面积/m ²
16 405	5	1 177 300	3 218.14	52 793 649.95	262 448 276.7

表 2 郑州市不同绿地斑块面积范围内斑块数量及总面积

不同绿地斑块面积范围/m ²	绿地斑块数量/个	占总斑块数量百分比/%	绿地斑块面积/m ²	占总绿地面积的百分比/%
5~100	227	1.37	13 969.75	0.03
100~500	1 483	8.94	446 114.25	0.88
500~1 000	9 201	55.49	1 568 699	3.10
10 000~3 000	3 310	19.96	4 421 511.25	8.74
3 000~10 000	1 512	9.12	7 531 291	14.88
10 000~20 000	406	2.44	7 731 468.68	15.28
20 000~50 000	287	1.73	8 657 959.49	17.11
50 000~100 000	94	0.57	6 455 787.22	12.76
100 000~200 000	37	0.22	4 934 667	9.75
>200 000	23	0.13	8 835 344	17.46

实测研究区域范围内的土壤类型并通过 ArcGIS 10.0 空间统计分析不同土壤类型占地面积;可以看出郑州市区中心大部分为潮土类型,占市区面积的 57.8%,高新区大部分为褐土类型占市区面积的 40.8%,其余为少量草甸风砂土。

3.2 城市绿地、汇水区与积水点关系分析

由于郑州降雨比较集中并常以汛期形式出现,且随着郑州城市化进程的加快,城市不透水面积的加大,使郑州地区极易产生内涝。通过分析现状绿地率较低的区域可知,其绿地调蓄能力较差,应明确其区域范围,对其范围内绿地进行重点优化。同时将研究区域内城市内涝点分布(共计 83 个)在 GIS 中进行数据化处理与汇水区分布以及重点优化区域进行叠加。重点分析他们之间的关系,为优化城市绿地提供依据。

3.2.1 城市绿地与积水点的关系

(1) 研究中对现状绿地率分别为 0%~5%,5%~10%,10%~15%,15%~20%,20%~25%,25%~30%,30%~35%的积水点数量进行统计,分别为 0,19,45,10,7,2,4。可知现状绿地率为 0%~5%的区域无积水点,由于该范围位于研究区域边界附近,且研究区域的划分不是以汇水区作为划分依据,导致研究区域边界附近汇水区仅为整个汇水区的小部分,绿地率较低而无积水点。从整体上看积水点多分布在城市绿地率较低的管城回族区、金水区以及二七区,说明此区域绿地雨水调蓄能力较差,城市雨水排水压力较大。即城市绿地率越低,绿地雨水调蓄能力越差,越容易产生内涝。

(2) 积水点区域范围内绿地雨水调蓄能力较差,分析其绿地特征为绿地率较低,斑块较小、数量少且分散,无法对雨水进行有效的调节。绿地雨水调蓄能力差的区域彼此连接并且面积较大,大大增加了不透水面的连接性;而雨水调蓄能力较好的区域多分布在

城市周边区域,彼此分离,连接性较差。城市内河流绿地、道路绿地形式没有对绿地格局较好的区域起到连接作用。

(3) 城市积水点较多分布于大型立交桥和道路交叉口,虽然此处绿地斑块面积较大,但雨水却不能进入绿地进行调蓄,容易产生积水。

3.2.2 城市汇水面与积水点的关系 通过对研究区内积水点进行缓冲区分析,可知积水点主要分布在汇水区边界线及附近 200 m 范围内、汇水区中心区域。城市雨水流域汇水区的划分是以地形作为划分的主要因素^[18],并且以分水岭及出水口作为划分依据^[19]。因此可分析积水点所在位置原因为:位于汇水区边界线及附近区域的积水点在城市降雨过程中,降落在此区域的雨水由于坡降较大,径流量、径流速度也较大,不能有效的对雨水进行及时排除易形成积水点。位于汇水区边界交汇处的积水点多位于汇水区的出水口位置,作为汇水区的最低点,易发生城市内涝。位于汇水区中心的区域的积水点,地势较低,城市径流多汇集于此,易产生积水点。

3.3 优化绿地设计的依据分析

为探讨需增加绿地面积与汇水区以及现状绿地面积的关系,本文计算了不同汇水区内绿地面积、汇水区面积并计算出各自的比值。在假设单次降雨量分别为 50,100,200 mm 时,计算不同汇水区内需增加的绿地面积,以及与相应汇水区面积的比值。将统计绿地与汇水区面积比值按从小到大排列,分析绿地面积、需增加绿地面积与汇水区面积比值之间的关系(图 1)。

由图 1 可知,区域中绿地面积、增加绿地与汇水区面积的比值呈现明显的负相关关系。当区域中绿地面积与汇水区面积比值较小时,需增加的绿地面积与汇水区面积比值较大,反之亦然。且随着单次降雨量的增大,需增加绿地面积的比值也逐渐增大。

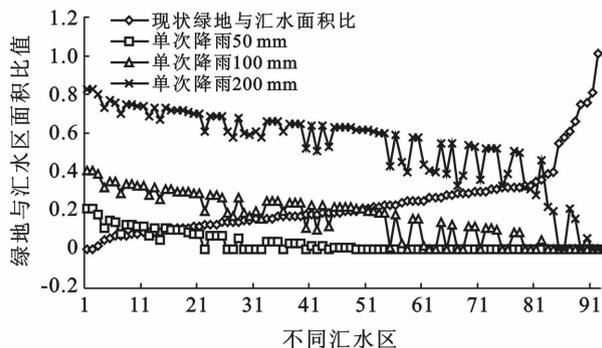


图 1 现状绿地面积与不同降雨条件下需增加绿地与汇水区面积比值之间的关系

另外,利用 SPSS 软件对两者之间的关系进行相关性分析,在单次降雨分别为 50,100,200 mm 条件下的相关系数分别为 -0.790,-0.899,-0.904,均在 0.01 水平上呈现极显著负相关。说明现状绿地条件对绿地面积的需求有显著影响,因此增加城市绿地面积可以有效控制汇区内雨水^[20]。

3.4 优化绿地设计参数确定

本文主要从绿地消纳水量研究其调蓄能力,把郑州市区划分了 93 个汇水区。分别计算每个汇水区面积及对应的现状绿地面积、水面面积、土壤类型下的饱和含水量、需优化绿地面积。通过《河南土壤地理》查询可知郑州潮土、褐土等不同质地的饱和含水量^[21]。根据实际计算需要,砂质潮土饱和含水量取均值 242 g/kg,壤质潮土、湿潮土取均值 414 g/kg;褐土以及褐土性土取均值 377 g/kg;其余土壤类型占比例很少,可不参与计算。

在降雨过程中,绿地通过汇流、渗透、蓄集、蒸发、溢流等方式消纳部分雨水。忽略绿地的蒸发量,且假设进入绿地的雨水无外排以及不透水地面径流全部径流到绿地上,存在以下平衡关系:

$$Q_i = Q_i' + Q_i + V_i \quad (1)$$

式中: Q_i ——第 i 个汇水区内在单次降雨条件下的雨水总量(m^3); Q_i' ——第 i 个汇水区下绿地消纳雨水总量(m^3); Q_i ——第 i 个汇水区内河流消纳水量(m^3); V_i ——第 i 个汇水区内不透水面的径流量(m^3)。下同。

不同汇水区下在单次降雨条件下的雨量计算公式为:

$$Q_i = P_i \times A_i \quad (2)$$

式中: P_i ——不同降雨条件下降雨量(mm) ($i = 0.05, 0.1, 0.2$); A_i ——第 i 个汇水区面积(m^2)。下同。

不同汇水区下土壤类型所消纳的最大雨量计算公式为:

$$Q_i' = P_i' \times A_i' \quad (3)$$

式中: P_i' ——不同土壤类型的饱和含水量(g/kg); A_i' ——第 i 个汇水面内绿地面积(m^2)。下同。

不同汇水区下河流所消纳雨量计算公式为:

$$Q_{i_i}' = P_i \times A_{i_i}' \quad (4)$$

式中: Q_{i_i}' ——第 i 个汇水面内河流吸纳水量(m^3); A_{i_i}' ——第 i 个汇水面内河流面积(m^2)。下同。

依据以上水量平衡公式可得到需增加绿地面积的理论估算公式为:

$$A_{x_i}' = (Q_i - Q_i' - Q_{i_i}') / P_i' \quad (5)$$

式中: A_{x_i}' ——第 i 个汇水面内需增加绿地面积(m^2)。

3.5 优化绿地设计的参数选择

3.5.1 需增加绿地面积参数选择 为定量描述需增加绿地面积来控制雨水量,以郑州市为例,分别计算不同汇区内绿地与汇水面积的比值,并且根据不同的比值划分成 7 个等级。在假设单次降雨量分别为 50,100,200 mm 时,相应汇区内绿地面积所占比例分别为 0%~5%,5%~10%,10%~15%,15%~20%,20%~25%,25%~30%,30%~35%,35%~40%以及 40%以上条件下的不同比例等级情况下,计算需增加绿地面积与相应的汇水区的比值,使不同汇水面内的雨水能够全部控制(图 2)。

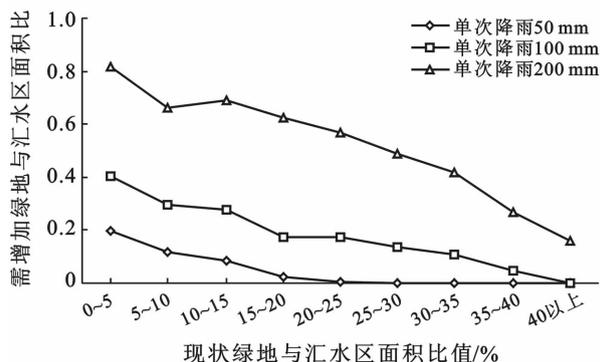


图 2 不同降雨、不同绿地率条件下需增加绿地面积与汇水区面积比值

由图 2 可知,对于现状绿地面积与汇水区面积比值为 0%~5%,5%~10%,10%~15%,15%~20%,20%~25%,25%~30%,30%~35%,35%~40%以及 40%条件下,当单次降雨量为 50 mm 时,需增加绿地与汇水区面积的比值分别为 19.7%,11.6%,8.4%,2.4%,0.5%,0,0,0,0。当单次降雨量为 100 mm 时,需增加绿地与汇水区面积的比值分别为 40.3%,29.6%,27.6%,17.4%,17.6%,13.7%,10.8%,4.9%,0。当单次降雨量为 200 mm

时,需增加绿地与汇水区积比值分别为 81.7%, 66.3%, 69.0%, 62.4%, 56.9%, 48.9%, 42.0%, 26.5%, 15.8%。

通过在单次降雨分别为 50, 100, 200 mm 时对汇水区内的现状绿地率与需增加绿地面积与汇水区面积比值进行线性回归分析(表 3)。分析其相关系数 R , R^2 , F 以及显著性概率的取值,可知现状绿地率与需增加绿地与汇水区面积比值之间存在强烈的负相关性,可以建立线性模型,并且回归系数的显著性水平平均小于 0.05。因此得出不同降雨条件下的回归方程分别为 $y_1 = -0.845x + 0.176$; $y_2 = -0.945x + 0.376$; $y_3 = -1.073x + 0.787$ 。 y_1, y_2, y_3 分别代表单次降雨量分别为 50, 100, 200 mm 条件下需增加绿

地与汇水区面积比值, x 代表每个汇区内现状绿地率。

本研究回归方程的得出,是在郑州市土壤特征为潮土和褐土,现状绿地率大部分为 0%~25% 以及以本区域现状地形划分的汇水区作为条件进行的。绿地的雨水调蓄主要是通过一定规模绿地土壤的下渗来实现,因此土壤特征以及现状绿地率成为影响雨水下渗的因素。在土壤特征一定的情况下,现状绿地率成为影响雨水下渗的主要因素。本研究在不同单次降雨条件下需增加绿地与汇水区面积的比值随着现状绿地率的增大而减小,并且定量了他们之间的关系。因此通过增加城市绿地,可以达到控制雨水的目的,同时也可以作为郑州市绿地规划的依据。

表 3 回归分析汇总

分析类型	模型汇总 ^① R	R^2	方差分析 F	sig.	回归系数模型 ^②	B	t	sig.
单次降雨 50 mm	0.907 ^②	0.822	180.237	0.000 ^②	常量	0.176	21.013	0.000
					绿地率	-0.845	-13.425	0.000
单次降雨 100 mm	0.806 ^②	0.650	127.928	0.000 ^②	常量	0.376	24.046	0.000
					绿地率	-0.945	-11.311	0.000
单次降雨 200 mm	0.806 ^②	0.650	159.474	0.000 ^②	常量	0.787	37.795	0.000
					绿地率	-1.073	-12.628	0.000

注:① 因变量,增加绿地面积比;② 预测变量(常量)绿地率。

3.5.2 绿地消纳雨水效果分析 依据郑州地质条件,以土壤饱和含水量为 414 g/kg,且土壤稳定渗透速率为 0.318 mm/min 为例,计算在不同汇水区下,不同单次降雨量、绿地率不同下的渗透时间(图 3)。由图 3 可以看出,下渗时间随着降雨量的增加而增大,而随着绿地率的增加而减小。降雨量增大,一定的下渗时间制约着绿地对雨水的下渗能力。通过计算结果可知当绿地率为 30% 时,对单次降雨量分别为 50, 100 mm 的降雨在 21, 42 h 左右即可完全消纳。对单次降雨量为 200 mm 的降雨在 51 h 左右的消纳率约为 62%;在 84 h 左右能够完全消纳,但是耗时较长。如果仅靠绿地调蓄 200 mm 的短时降雨量,则需要使绿地率达到 60% 左右即可在 42 h 内完全消纳。但考虑到郑州的实际建设情况以及降雨强度,郑州市绿地率达到 30% 左右即可发挥绿地的调蓄效果并且消耗较短的时间。

3.6 城市绿地优化途径

基于“海绵城市”理念城市绿地优化的关注焦点在于绿地对城市雨水径流量的削减和对雨水的净化效果。而绿地对雨水的滞留、消纳和过滤功能,主要与城市绿地规模、绿地的整体布局以及绿地的建造方式相关^[22]。

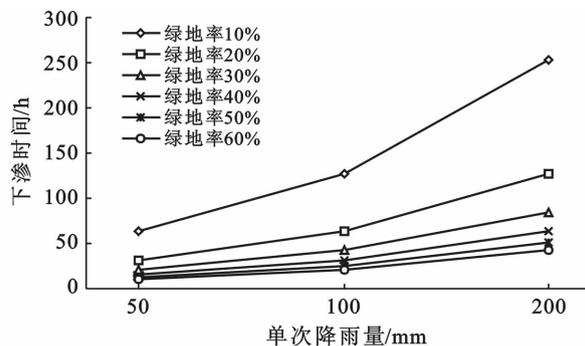


图 3 不同降雨量、绿地率下的下渗时间

3.6.1 合理增加城市绿地的规模 郑州市积水点多集中在郑州中心老城区,绿地规模严重不足,绿地数量少,无法对雨水径流进行有效调节。依据城市绿地与汇水区面积的比例关系,尽可能保证汇水面内绿地规模,增加雨水的渗透空间,可以缓解城市排水系统的压力以及补给地下水。

因此可根据不同的降雨标准,不同汇水面内的现状绿地率得到的回归方程 $y_1 = -0.845x + 0.176$; $y_2 = -0.945x + 0.376$; $y_3 = -1.073x + 0.787$ 。合理增加城市绿地面积收集、净化、渗透、就地利用场地内产生的雨水径流,最大限度满足城市雨水渗透空间的需要。

3.6.2 合理布局城市绿地 城市雨水径流的增加与绿地没有直接关系,但与不透水面呈现出正相关的关系。中心老城区绿地斑块较小、彼此连接性较差,反过来增加了城市不透水面的面积以及它们之间的连接性,导致了径流量的增加。因此在增加绿地规模时,应合理布局城市绿地,增加绿地的连通性。具体做法如下:

(1) 在现状绿地率为20%以上区域,绿地面积较大,调蓄能力较好,能满足一般的小降雨径流的需求。但在城市开发过程中,这类型区绿地面积会逐渐减少,因此应以保护为主,优先对此区域绿地位置以及空间形式合理规划去限制一般的暴雨径流和污染^[23],再进行城市建设。“海绵城市”理念的场地规划要依据此区域的自然地形、土壤类型以及植被,具体措施有:保护该区域的自然土壤和植被,最小化对自然流域的干扰,降低不可渗透表面以及它们之间的连接性,减少土壤压实,增加植被等。

(2) 在现状绿地率为0%~20%区域,绿地面积较少,调蓄能力较差,需重点改善场地内绿地。针对郑州中心城区这种特殊环境,首先应注重场地源头绿地的布置,在汇水面边界以及附近200 m范围内径流速度与流量较大,容易产生积水点,应设置较大的绿地。其次在流域出水口也就是汇水面交界最低洼处,重点设计城市绿地。在汇水区中心范围内径流量较大,结合市区内公园绿地,增强汇水面的雨洪调蓄能力。最后利用城市道路绿地、滨水绿地等线性绿地将不同的绿地斑块连接起来,增加绿地的连通性,打断不透水面的连通性,使整个区域的雨水调蓄能力得到增强。

3.6.3 实施途径 以上仅仅针对93个汇水区的绿地规模与布局的整体建议的解答,但是该如何实施才能够缓解雨水径流,则需要依据郑州的不同优化要素,使用与绿地相关性较高的低影响开发措施,根据不同汇水区内的具体绿地规模的需求来优化城市绿地布局、合理增加绿地面积。

(1) 城市道路绿地的优化。郑州道路绿化多为行道树+中央绿化带模式,且道路绿化的高度多高于实际路面,无法有效地消纳雨水。下凹式绿地可有效渗透和储存雨水,因此可通过降低绿地高程或改变平坦绿地为地形起伏的凹凸空间来设计下凹式绿地来增加绿地规模^[24]。在道路承载力需求不高的区域宜采用透水铺装如嵌草砖、嵌草铺装等增加绿地面积以及地面渗透性。

(2) 城市附属绿地的优化。从适宜性角度看,附属绿地分布广且和建筑联系紧密,适宜建设雨水花

园、植草沟等小型、分散的消纳雨水的场地。另外,屋顶绿化也是一种有效地控制雨水的措施,因此可以考虑对郑州建筑屋顶进行大规模绿色屋顶及绿墙建设,可有效增加汇水区内地面积、绿地斑块数量等措施增加雨水渗透、延迟径流的形成。在建筑基础周围可进行基础绿化的种植,增加雨水渗透机会。

(3) 城市公园绿地、广场、停车场优化途径。城市公园绿地是市民休闲娱乐、放松心情、享受自然的场所。城市中的综合性公园一般面积较大,且多与市域的河流连通,有一定面积的水面,因此成为市区水循环中很重要的环节。近年来,随城市化进程的加快,进入公园的游客数量也剧烈增加,同时也增加了公园管理的成本。很多公园为了降低维护成本,增加了硬质铺装的面积,这进一步阻隔了雨水渗透的通道。综合公园应该扩大能进行水循环的面积,除水面之外,宜采用透水铺装如嵌草砖、嵌草铺装或采用树阵广场、树下停车场等来增加绿地面积以及地面渗透性。广场和停车场考虑通视和活动的需要,也宜采用透水铺装如嵌草砖、嵌草铺装以增加场地的渗透性。

(4) 与城市雨水管网的关系的优化途径。城市的雨水管网被誉为城市的血管,其畅通程度关系到了城市乃至城市所在流域的水循环和水安全。近年来,多发的城市内涝,造成了巨大的损失。这与城市的雨水管网与不断增加的连续的不透水地面的面积密切相关。解决这个问题的措施除保障城市雨水管网的畅通外,可以考虑切断连续的不透水地面之间的联系,延缓径流的形成。比如在屋顶落水管与城市雨水管网之间,通过植草沟、雨水管渠将屋面雨水引入场地内调蓄设施;在街道中,将街道雨水口内移至雨水花园或植草沟内,使排水路径由“街道—雨水口—雨水管网”变为“街道—绿地—雨水口—雨水管网”,强化雨水与绿地的联系;也可将局部雨水管网设置在调蓄水景设施中的流溢设施或管道中,强化其与水体连接等。

当然,对于目前城市雨洪,仅仅依靠城市绿地进行调蓄的能量是有限的。依据本文的研究在单次降雨量不高的情况下,通过合理优化城市绿地可以达到调蓄雨水径流的目的。对于短时较大的降雨量,可能需要建设地下储水系统,促进水的储留和缓解雨水径流,需要强化绿地与城市雨水管网的关系,或者是对民众的思想教育建立集水意识以及相关法律法规的支持等等,以达到对城市雨洪进行有效调蓄。

4 结论

城市绿地面积对区域内水量具有显著影响,充分

发挥城市绿地调蓄雨水径流的积极作用,对改善城市水生态和绿地资源建设管理具有重要意义。城市绿地削减径流量的程度与降雨强度、降雨历时、植被类型、绿地面积大小具有很强的相关性。在城市用地紧张的情况下,通过合理布局城市绿地以及改变绿地建造方式来削减径流量。本文在单次降雨分别为 50, 100, 200 mm 条件下、计算得出在相应汇水区内不同现状绿地率时,对需增加绿地面积进行计算,得出相应回归方程 $y_1 = -0.845x + 0.176$; $y_2 = -0.945x + 0.376$; $y_3 = -1.073x + 0.787$ 。并依据郑州的绿地现状,分析其与汇水面、积水点等的关系,在增加城市绿地规模、合理布局城市绿地以及具体实施途径方面进行探讨。最终希望通过城市绿地与雨水资源进行有效结合,减少城市内涝压力,建设真正的“海绵城市”。

[参 考 文 献]

- [1] 袁艺. 土地利用变化对城市洪涝灾害的影响[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(3): 6-13.
- [2] 赵迎春, 刘慧敏. 城市雨洪及管理体系[J]. 中国三峡, 2012, 7(4): 28-33.
- [3] Grant S B, Saphores J D, Feldman D L, et al. Taking the “waste” out of “wastewater” for human water security and ecosystem sustainability[J]. Science, 2012, 337(6095): 681-686.
- [4] 邢国平. 城市内涝防治措施的转变及启示: 由“排”到“蓄”再到“渗”[J]. 安全与环境学报, 2014(5): 141-145.
- [5] 尹澄清. 城市面源污染的控制原理和技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009: 96-126.
- [6] 住房和城乡建设部. 关于印发《海绵城市建设技术指南: 低影响开发雨水系统构建(试行)》的通知(建城函[2014]275号)[Z]. 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2014-10-22.
- [7] 李小静, 李俊奇, 王文亮. 美国雨水管理标准剖析及其对我国的启示[J]. 给水排水, 2014, 40(6): 119-123.
- [8] 姜丽宁, 应君, 徐俊涛. 基于绿色基础设施理论的城市雨洪管理研究: 以美国纽约市为例[J]. 中国城市林业, 2012, 10(6): 59-62.
- [9] 任杨俊, 李建牢, 赵俊侠. 国内外雨水资源利用研究综述[J]. 水土保持学报, 2000, 14(1): 88-92.
- [10] Ristenpart E. Planning of stormwater management with a new model for drainage best management practices[J]. Water Science and Technology, 1999, 39(9): 253-260.
- [11] 王思思, 张丹明. 澳大利亚水敏感城市设计及启示[J]. 中国给排水, 2010, 26(20): 64-68.
- [12] 俞孔坚, 李迪华. 城市景观之路市长们交流[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003: 149-154.
- [13] 俞孔坚, 韩西丽, 朱强. 解决生态环境问题的生态基础设施途径[J]. 自然资源学报, 2007, 22(5): 808-816.
- [14] 俞孔坚, 石春, 林里. 生态系统服务导向的城市废弃地修复设计: 以天津桥园为例[J]. 城市发展研究, 2011, 7(5): 18-22.
- [15] 董淑秋, 韩志刚. 基于“生态海绵城市”构建的雨水利用规划研究[J]. 城市发展研究, 2011, 18(12): 37-41.
- [16] 莫琳, 俞孔坚. 构建城市海绵: 生态雨洪调蓄系统规划研究[J]. 城市发展研究, 2012, 19(5): 130-134.
- [17] University of Arkansas Community Design Center. Low Impact Development: A Design Manual for Urban Areas[M]. United States of America: University of Arkansas Press, 2010.
- [18] 张亮. 城市雨水流域汇水区自动划分[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2007, 26(4): 630-632.
- [19] 张杰. 基于 GIS 及 SWMM 的郑州市暴雨内涝研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2012.
- [20] 杨晗. 郑州绿地中雨水资源有效利用的方法与途径研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2013.
- [21] 魏克循. 河南土壤地理[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1995: 703.
- [22] 马燕婷. 上海城市径流控制与雨洪管理对策研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2014.
- [23] Gibson E, Snyder J. Low Impact Development Handbook: Stormwater Management Strategies[M]. San Diego, California: Department of Planning and Land Use, 2007.
- [24] 张彪, 谢高地. 北京城市绿地调蓄雨水径流功能及其价值评估[J]. 生态学报, 2011, 31(13): 3839-3845.