

低碳生态城区地表雨水管理的综合性指标研究

李坤, 马素贞

(中国建筑科学研究院上海分院, 上海 200023)

摘要: 雨水综合利用是低碳生态城区水资源管理的重要方面, 有助于解决城市河流行洪压力和径流污染等问题。调研分析了国内绿色建筑雨水管理现状及低碳生态城区建设中已采取的雨水管理措施。以场地综合径流系数作为衡量低碳生态城区雨水管理的控制指标, 分析了各类雨水利用措施对场地综合径流系数的影响。根据多年平均降雨量进行全国区域划分, 通过计算分析确定了适用于不同区域的低碳生态城区雨水利用措施及对应的场地综合径流系数范围。

关键词: 场地径流系数; 雨水利用; 雨水综合管理; 低碳生态城区

中图分类号: TV213.4 文献标识码: A 文章编号: 1672-643X(2012)05-0106-05

Study on comprehensive index for the surface rainwater management in low-carbon eco-city

LI Kun, MA Suzhen

(Shanghai Branch of China Academy of Building Research, Shanghai 200023, China)

Abstract: Rainwater comprehensive utilization, as an important aspect of water resources management in low-carbon eco-city, contributes to the solution of these issues such as run-off pollution, river flood arising from urban development, and so on. Based on survey, this paper analyzed the status of rainwater management for domestic green buildings and the rainwater management measures adopted in the low-carbon eco-cities. This paper focused on the analysis of impact of rainwater measures on site runoff coefficient which is set as a synthetic parameter for the evaluation of the storm water runoff situation in the eco-city. According to the average annual rainfall, our country was divided into several regions. The rainwater measures and site runoff coefficients suitable for low-carbon eco-city in different regions were calculated and verified.

Key words: site runoff coefficient; rainwater utilization; rainwater comprehensive management; low-carbon eco-city

1 城区雨水管理现状

1.1 低碳生态城区雨水管理现状

雨水资源的管理利用是低碳生态城区建设的一个重要方面, 其目标是拦截利用硬质地面上的雨水径流增量。城区地面主要包括建筑物屋面和庭院广场等铺装地面、裸地或绿地(含公园和水面)和道路等。城区内可采用的雨水管理途径可以归纳为三类, 即渗入地下、收集回用和调蓄排水^[1-3]。

低碳生态城区规划中一般都包括水资源规划的内容, 如表1所示, 其特点在于主要关注城区内的非传统水资源利用情况, 即雨水及中水等的收集回用。

无锡太湖新城和曹妃甸生态城等规划对城区内的雨水入渗情况进行了规定, 日本的 CASBEE for UD 和美国的 LEED-ND 等绿色社区建设标准对城区内的雨水管理提出了具体的要求。一般而言, 多通过雨水、中水等非传统水源利用率, 透水地面的比例, 屋顶绿化的比例等指标衡量低碳生态城区的地表雨水管理。但上述指标只能反映出地表雨水管理的某一个方面, 不能完整地反映低碳生态城区的要求, 需要构筑一个综合性指标以实现城区内雨水的综合管理。

1.2 国内绿色建筑雨水管理现状

低碳生态城区建设的首要目标就是城区内建筑

收稿日期: 2012-05-04; 修回日期: 2012-06-19

基金项目: 中国建筑科学院基础科研项目: 低碳生态城(园区)指标体系研究(20110123330730001)

作者简介: 李坤(1984-), 女, 安徽人, 硕士, 工程师, 主要从事低碳生态城市规划, 绿色方案设计咨询。

全部为绿色建筑。中国城市科学研究会在 2008 - 2010 年授予了 57 个绿色建筑评价标识项目,其中住宅建筑项目 32 个,公共建筑项目 25 个^[4]。以星级划分:一星级项目 11 个,二星级项目 25 个,三星级项目 21 个。调研表明,年降水量小于 800 mm 地区的绿色建筑项目多采用中水系统,年降水量大于 800 mm 地区的项目多采用雨水收集。屋顶绿化主

要见于公共建筑项目,应用率为 64%^[5]。半数以上未应用屋顶绿化的项目是因为在屋顶设置有太阳能集热器或光伏板。透水地面在住宅和公共建筑项目中的应用率分别达 100% 和 92%。住宅项目的室外透水地面平均比例为 55%,公共建筑项目的平均比例约为 45%。

表 1 部分生态城雨水管理指标要求

生态城名称	城区面积及定位	指标要求
无锡太湖新城 ^[6]	总用地面积 150 km ² 无锡新的城市中心,定位为无锡高端商务、金融机构、企业总部、专业服务的集聚区	城区开发前后雨水入渗量零影响 项目范围内非传统水源利用率大于等于 27% 新建项目透水地面比例大于等于 40%
中新天津生态城	规划面积约 30 km ² 实现“安全、生态、宜居、可持续”目标	非传统水源利用率大于等于 50%
唐山曹妃甸生态城 ^[7]	建筑用地面积约 150 km ² 配合首钢曹妃甸新厂址,构筑唐山滨海地区“工业—农业—城市”多层次综合循环经济示范区	再生水利用率 100%,实现新城污水零排放; 非常规水源水占总用水比例大于等于 35%; 雨水利用率大于等于 90%; 中水回用量占生活用水总量比例为 26%; 透水地面/设施比例:低势绿地比例大于等于 50%, 广场、停车场、人行道透水地面铺装率达到 100%, 公共建筑区域的绿化屋面率达到 20%
深圳光明新城 ^[8]	可建用地 76 km ² “绿色新城、创业新城、和谐新城”	2020 年再生水回用率大于等于 50%
唐山南湖生态城	总规划面积约 105 km ² 城市规划定位为:城市副中心,绿色生态核	非传统水资源利用率达到大于等于 50%
株洲云龙生态新城	规划总面积约 116 km ² 长株潭城市群重点建设示范区,现代化文明工业的绿色生态新城	生态城的水供在 2025 年之前必须有大于等于 50% 来自中水利用、雨水回收等非传统水源
中国低碳生态城市发展战略 ^[9]	基于低碳生态城市的核心理念和根本内容提出的具有普遍的指导意义的指标体系	雨水利用率近期标准为大于 10%,2020 年标准为大于 30%; 中水回用率近期标准为大于 20%,2020 年标准为大于 50%
长沙梅溪湖新城	占地面积为 7.6 km ² 国际化新城、科技创新成、绿色生态城和可持续之城	非传统水源利用率大于等于 10% 场地综合径流系数小于等于 0.54 清凉屋面覆盖率大于等于 50%
日本 CASBEE for Urban Development ^[10]	CASBEE 为日本社区可持续评估体系,强调在对环境产生尽可能小的负荷下保证尽可能高的质量	减少自来水供应量:鼓励使用储存雨水; 减少雨水的排放负荷:采用透水铺装和渗透沟以缓解地表水径流,采用滞留池或蓄洪区以缓解雨水流出量; 减轻污水和中水处理负荷:采用高效的污水中水处理方式以减轻负荷。
美国 LEED - Neighborhood Development ^[11-12]	LEED - ND 的基点是改善美国的土地利用模式、社区设计和技术,为了解决美国城市蔓延现象而编制	实施全面的雨水管理计划来保护小区工程,即通过渗透、蒸发以及各类措施来保护场地。

2 低碳生态城区场地径流系数的分析

场地径流系数是城区内汇水面积地面径流量(毫米)与降雨量(毫米)的比值,综合反映了低碳生态城区内采取的雨水入渗、收集回用及调蓄措施的效果。本文选择场地径流系数作为综合指标来衡量低碳生态城区的雨水管理水平。根据城区内屋面和路面的铺装形式及其占地面积,可初步计算出城区场地径流系数,如公式(1)及表2所示。低碳生态城区应保证建筑开发行为不改变场地雨水径流系数和径流状况,开发后场地雨水外排量应不大于开发前场地雨水的外排量。

场地径流系数计算公式^[13]为:

$$\varphi = \frac{\sum B_i \varphi_i}{B} \quad (1)$$

式中: φ 为场地径流系数; B_i 为单元*i*的汇水面积; φ_i 为单元*i*的径流系数; B 为场地汇水面积。

表2 各类下垫面的雨量径流系数^[13]

下垫面种类	雨量径流系数 φ_i
硬屋面、未铺石子的平屋面、沥青路面	0.8~0.9
铺石子的平屋面	0.6~0.7
绿化屋面	0.3~0.4
混凝土和沥青路面	0.8~0.9
块石等铺砌路面	0.5~0.6
干砌砖、石及碎石路面	0.4
非铺砌的土路面	0.3
绿地	0.15
水面	1
地下建筑覆土绿地(覆土厚度大不小于500mm)	0.15
地下建筑覆土绿地(覆土厚度小于500mm)	0.3~0.4

2.1 决定场地径流系数的主要因素^[14]

低碳生态城区建设影响场地径流系数的主要因素包括雨水下渗措施(如绿地、屋顶绿化和透水地面)、雨水收集回用措施和具有调蓄排水功能的景观水体等。

雨水下渗措施中的绿地和屋顶绿化为天然渗水地面,雨水下渗进入土壤,导致雨水外排径流量减小,从而减少了场地径流系数。透水地面则是使用如透水沥青、透水性地砖等透水材料覆盖硬化地面,增大其透水和透气性,使得雨水可及时渗入地下土壤,从而减少了场地径流系数,起到雨水收集作用。

雨水收集回用主要是指收集城区内屋面或地面的雨水,经过水处理设施后,再回用于绿化浇灌、道路冲洗等方面。若城区内场地径流系数越小,则渗入地面的雨水量越大,城区内可收集回用的雨水量

则越少。从雨水收集再回用的方面考虑,城区内的场地径流系数不应过小,以避免过多的雨水入渗地下,保证一定量的雨水可供收集利用。

低碳生态城区内的景观水体具有调蓄排水的功能,也会对场地径流系数产生影响。所以场地径流系数综合体现了雨水管理三个方面的作用。

2.2 低碳生态城区雨水管理措施选择

低碳生态城区内控制场地径流系数的措施包括雨水渗透、雨水收集利用和雨水调蓄三个方面。低碳生态城区的雨水控制措施应综合考虑以下几个因素后确定:

(1)城区所在地的多年平均降雨情况、雨水水质等。

(2)城区内雨水入渗措施的选择。

(3)城区内雨水计划收集的范围。一般低碳生态城区雨水收集范围及顺序为:楼屋面、部分硬化道路路面、广场地面和人工湖水面积接收的雨水。

(4)雨水收集利用的工程建设及运行维护的经济性分析。

(5)城区内适宜的雨水利用对象及用水要求。

考虑到全国各地降雨情况以及各地采取的雨水管理措施不同,可将低碳生态城区按照多年平均降雨量分为2个类型:A-多年平均降雨量小于800mm的区域和B-多年平均降雨量大于800mm的区域。依据区域目前采用的透水地面措施和雨水收集回用的现状等选择适宜的雨水管理措施,作为计算低碳生态城区场地径流系数的基础。

2.3 低碳生态城区的场地径流系数分析

国内各低碳生态城区用地面积差别较大,为7.6 km²~150 km²。依据《城市用地分类与规划建设用地标准》GB50137-2011的要求以及在建的低碳生态城的现状,表3给出了典型低碳生态城区中建设用地情况^[15]。低碳生态城区中公建约占20%~30%,居建约占70%~80%。

表3 低碳生态城区用地状况

	%			%
用地类型	建筑屋面	道路和广场	绿地	水域
比例/%	25~35	15~25	30~35	5~10
取用比例/%	35	25	30	10

低碳生态城区内主要通过透水铺装、绿化和雨水收集利用等措施,将场地径流系数维持在场地开发前的水平。《绿色建筑评价标准》推荐采用屋顶绿化比例、透水地面比例和非传统水源利用率等指标来实现定量要求^[16]。屋顶绿化多应用于公共建

筑屋顶,绿色建筑的透水地面比例可以达到 40%,雨水收集和利用情况则根据所在区域的多年平均降

雨量确定。表 4 详细说明了全国两类区域低碳生态城区建设的雨水管理思路及适宜的具体措施。

表 4 低碳生态城区雨水管理措施

地区	雨水资源情况	雨水管理思路	具体措施
A 类 区域	干旱与半干旱地区	建议采用雨水入渗措施,以补充土壤中的含水量。	64%的公共建筑物屋面采用屋顶绿化。即城区内 16%的屋顶面积设置耐旱型绿化屋顶。城区总透水地面(不包括绿地)比例控制为 42.5%。即城区 50%的道路广场地面采用径流系数 0.4~0.5 的透水铺装和多孔地面铺装。
	降水量小于蒸发量,多年平均降雨量小于 400 mm;雨水资源匮乏。典型代表城市为西宁等。		
B 类 区域	半湿润地区	建议采用雨水入渗措施结合雨水收集回用措施。	64%的公共建筑物屋面采用屋顶绿化。即城区内 16%的屋顶面积设置绿化屋顶。城区总透水地面(不包括绿地)比例控制为 40%。即城区 40%的道路广场地面采用径流系数 0.4~0.5 的透水铺装和多孔地面铺装。城区内收集回用 100%屋面和 40%的路面(较清洁部分)雨水。
	湿润地区		
	降雨丰富地区		
	多年平均降雨量为 800~1200 mm,降水资源较丰富。典型代表城市为南京等。		
	多年平均降雨量为 1200 mm 以上,降水资源很丰富。典型代表城市为杭州等。		

依据场地综合径流系数的计算方法,表 5 给出了两大分区的场地综合径流系数的计算结果。以 800 mm 多年平均降雨量线为界线,A 类地区低碳生态城区的场地综合径流系数宜控制在 0.55~0.58; B 类地区低碳生态城区的场地综合径流系数宜控制在 0.55~0.59。依据当前低碳生态城区规划现状

以及绿色建筑技术水平,低碳生态城区的场地径流系数应控制在 0.55~0.59 的范围内。若低碳生态城区采用一些新技术措施或者用地状况较特殊,场地径流系数可能会有所浮动,但建议不宜超过该范围的 2% 上下。

表 5 各区域场地综合径流系数

用地类型	建筑屋面	道路和广场	绿地	水域	综合径流系数
面积	0.35S	0.25S	0.3S	0.1S	
原径流系数	0.85	0.65~0.85	0.15	1	0.61~0.66
A 类低碳生态城区-径流系数	0.77	0.53~0.68	0.15	1	0.55~0.58
B 类低碳生态城区-径流系数	0.77	0.55~0.71	0.15	1	0.55~0.59

3 案例分析

长沙市梅溪湖新城位于长沙大河西先导区,距市政府 6 km,距市中心约 8 km,交通便利。新城占地面积为 7.6 km²,总建筑面积约为 9,450,000 m²,综合容积率约 3.36。梅溪湖新城的建设定位为国际服务和科技创新绿色低碳新城。

长沙市多年平均降雨量为 1 200~1 600 mm,属于 B 类低碳生态城区。梅溪湖新城的非传统水资源为屋面雨水、部分地面雨水和部分建筑内的优质杂排水,主要应用于梅溪湖新城区内绿化浇灌、道路广场用水(包括公共部分和地块附属部分)和商

业、金融业以及教育科研等公共建筑中的冲厕用水。

为了保证在暴雨季节地面雨水能够及时排出,根据城区的地面及屋面铺装情况,梅溪湖新城铺装方案设计如下:①地面设置雨水径流系数小于 0.5 的透水铺装(各板块中非机动车行道中 50%的地面设置透水铺装;各板块附属停车场中 80%的地面设置透水铺装;公共服务设施用地中非主干道地面中 65%的地面设置透水铺装。);②公共服务设施、教育科研设施和文化娱乐设施用地中 50%的屋面建议设置屋顶绿化。

表 6 为梅溪湖新城规划方案中各类用地面积及计算得出的场地径流系数。新城综合场地径流

系数达到了0.54的水平,约小于B类地区的建议的场地径流系数0.55~0.59,但未超过该范围的2%下限,满足B类地区的场地径流系数要求。

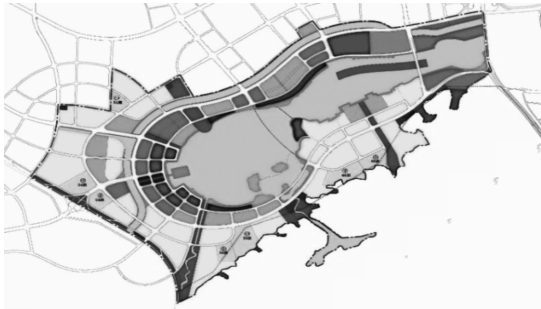


图1 长沙梅溪湖新城控制规划图

表6 梅溪湖新城区场地径流系数 $\text{hm}^2, \%$

地面/屋面	面积	比例	径流系数	场地综合径流系数
绿地	201.67	26	0.15	0.54
道路广场	230.77	30	0.60	
水域	44.28	6	1.00	
生态绿地(湿地)	181.10	24	0.65	
屋面	106.68	14	0.80	

4 结 语

本文分析了场地径流系数作为雨水管理的综合性指标的可行性,以体现雨水入渗措施和雨水收集回用等对城区雨水管理的综合影响。以800mm多年平均降雨量为界线,结合当前低碳生态城市规划现状和绿色建筑中雨水管理技术的水平,分析了低碳生态城区适用的场地径流系数控制范围。结果表明,依据当前的低碳生态城区的规划以及绿色建筑的技术水平,低碳生态城区的场地径流系数约应在0.55~0.59的范围内。

以长沙市梅溪湖新城区作为B类区域的案例,依据城区规划设计方案及雨水管理措施进行了城区场地径流系数的核算。梅溪湖新城区场地径流系数为0.54,不超过低碳生态城区适宜的场地径流系数的2%下限。

参考文献:

- [1] 郭天翔. 雨水利用技术研究[J]. 水资源研究, 2009, 30(1): 20-22.
- [2] 利建. 论雨水利用技术在工程设计中的意义[J]. 建筑节能, 2008, 36(7): 58-60.
- [3] Steve Wise. Green infrastructure rising: best practices in storm water management [EB/OL]. [2008-12-14]. [http://www.cnt.org repository/APA - article. green infrastructure. 080108. pdf.](http://www.cnt.org/repository/APA-article-green-infrastructure-080108.pdf)
- [4] 中国城市科学研究会绿色建筑研究中心. 中国城市科学研究会绿色建筑研究中心研究报告: 非传统水源在我国绿色建筑中的应用现状[R]. 2011.
- [5] 中国城市科学研究会绿色建筑研究中心. 绿色建筑技术应用情况[R]. 2011.
- [6] 中国建筑科学研究院, 无锡市规划设计研究院和奥雅纳工程咨询(上海)有限公司. 无锡太湖新城·国家低碳生态城示范区规划指标体系及实施导则(2010-2020) [R]. 2010. 9.
- [7] 薛波. 唐山曹妃甸国际生态城指标体系[J]. 建设科技, 2010(13): 64-65.
- [8] 李超骥, 马振邦, 郑 憩, 等. 中外低碳城市建设案例比较研究[J]. 低碳生态城市, 2011, 18(1): 31-35.
- [9] 中国城市科学研究会. 中国低碳生态城市发展战略 [M]. 北京: 中国城市出版社, 2009. 8.
- [10] Institute for Building Environment and Energy Conservation (IBEC). CASBEE for Urban Development. Technical Manual[S]. 2007.
- [11] U S Green Building Council[USGBC]. LEED for Neighborhood Development Rating System[S]. 2009.
- [12] 车 伍, 吕放放, 李俊奇, 等. 发达国家典型雨洪管理体系及启示[J]. 中国给水排水, 2009, 25(20): 12-17.
- [13] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB50400-2006. 建筑与小区雨水利用工程技术规范[S].
- [14] 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, 27(4): 22-27.
- [15] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB50137-2011. 城市用地分类与规划建设用地标准[S].
- [16] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB/T50378-2006. 绿色建筑评价标准[S].