

绿色生态城区海绵城市建设规划设计思路探讨

Discussion of the Design Ideas of Sponge City Planning in "Green Eco-district" Planning

吕伟娅 / LÜ Wei-ya
管益龙 / GUAN Yi-long
张金戈 / ZHANG Jin-ge

摘要: 从分析城市雨水排水规划局限性入手, 提出对绿色生态城区规划应进行海绵城市建设方面的完善和补充。案例分析表明, 尽管绿色生态城区建设用地大小不一, 用地功能形式却较相似, 均是由居住、公建、工业、仓储、道路与广场、绿地和水面构成。按城市下垫面分类, 仅能分出场地及屋面、道路和广场、绿地、水面, 因此, 海绵城市建设规划思路宜从这4种类型的城市下垫面入手, 提出适宜的低影响开发技术措施和年径流总量控制率指标值。

关键词: 风景园林; 海绵城市建设; 低影响开发; 规划措施; 控制指标; 应用案例

文章编号: 1000-6664(2015)06-0016-05

中图分类号: TU 986

文献标志码: A

收稿日期: 2015-05-03;

修回日期: 2015-05-16

基金项目: 住房和城乡建设部“城镇污水集中与分散处理模式的现状调研与政策研究”建城〔2009〕07号资助

Abstract: This paper started from the analysis of the limitation of urban rainwater drainage, and brought out the improvement and support of "Sponge City Construction" in "Green Eco-district" planning. As the case analysis shows, the "Green Eco-district" has different sizes of construction land. But it contains similar field programs such as residential, public, industrial, warehouse, traffic, open and green space, and water. Classified based on urban underlying, it only has venues and roofing, roads and squares, greens and water types. Therefore, the urban planning concept "Sponge City Construction" should start with those four types of urban surface and make appropriate "Low Impact Development" (LID) technical measures and controls of stormwater runoff rate index value.

Key words: landscape architecture; Sponge City Construction; Low Impact Development (LID); planning measure; control indicator; application case

1 背景

1.1 绿色生态城区

随着绿色建筑的推广普及, “绿色化”开始从单体向区域融合发展, 绿色建筑技术从单项应用向综合集成发展, 基于绿色建筑规模化和生态城市理念的绿色生态城区建设模式应运而生。绿色生态城区评价标准(征求意见稿)定义为“在空间布局、基础设施、建筑、交通、产业配套等方面, 按照资源节约环境友好的要求进行规划、建设、运营的城市开发区、功能区、新城区等”。绿色生态城区从规划设计、土地出让的前端引入“绿色化”理念, 这可能是我国一段时间内新城区建设的发展模式。

1.2 城市雨水排水存在的问题

“海绵城市建设”是绿色生态城区节水与水资源利用方面的建设目标之一, 旨在减轻开发建设对城市水环境产生的不利影响, 主要包括以下3个方面。

1) 城市的扩展开发使得不透水下垫面占比加大, 雨水径流量随之增加, 峰值流量增高且峰值出现时间缩短, 暴雨径流较易在城区积聚, 引发城市内涝。

2) 降雨落在屋顶、道路、停车场等不透水下垫面上, 将附着在其表面的灰尘、油脂、重金属、有机物等污染物冲刷、汇集, 使之进入城市雨水排水管道, 最终未经处理或处理不充

分直接排入河流、湖泊、地下水系等, 形成径流引发的面源污染^[1]。

3) 连片的不透水下垫面缺乏天然地面所具有的土壤和植被的吸收保蓄能力, 使得城市近地面的空气难以像其他自然区域一样, 从土壤和植被的蒸发中获得持续的水分补给, 易于形成“干岛效应”。

1.3 传统城市给排水规划的局限性

目前, 城市规划中与水资源相关的内容主要包括: 自来水取水、“城市自来水厂与污水处理厂”和雨水排放方案、规模、管网建设等, 较少涉及给排水系统节水与节能、水的再生利用、“海绵城市”建设等, 较难与水资源

综合利用、水环境保护等绿色生态城区建设目标相适应，因此，亟须对现有的城市规划与建设内容进行基于水资源节约和水环境保护等方面的完善和补充，并将相关内容纳入城市规划和实施计划之中。

2 海绵城市建设内涵和应用技术

海绵城市建设与城市雨水排水、水资源节约、水环境保护、城市微环境质量和城市风貌等息息相关。住房和城乡建设部出台的“海绵城市建设技术指南”中已明确海绵城市建设的基本原则是“规划引领、生态优先、安全为重、因地制宜、统筹建设”^[2]。其内涵包括了以“低影响开发”为理念；推行基于低影响开发理念的绿色雨水基础设施技术；构建习近平总书记在中央城镇化工作会议上发表讲话时谈到“优先考虑更多利用自然力量排水，建设自然积存、自然渗透、自然净化的海绵城市”；达到开发建设对城市自然环境影响最低，水循环可持续发展和维护城市良好生态功能的目标。

低影响开发(Low Impact Development, LID)是20世纪80年代中期由美国东部马里兰州的Prince George's County引进生物滞留技术所提出的理念。意为通过分散的、小规模源头控制机制和设计技术，控制暴雨所带来的径流和污染问题，使开发区域尽量接近开发前的自然水文循环状态^[3]。这种理念的核心原则是首先把雨水管理和雨水弃置区分开来；其次，设计的多种技术手段力求接近雨水径流的源头。

目前，将低影响开发理念应用于城市雨洪管理领域的技术以绿色雨水基础设施(Green Storm Infrastructure, GSI)为主，与常规城市开发相比，其特点是促使城市与自然相协调，维持开发区域的水系统平衡，使之既能实现城市的使用功能，又能实现水生态对城市的调节，改善城市环境质量。GSI对雨水径流的处理方式与常规不同：下垫面径流产生后，径流通过管网排出，是“末端治理”；GSI则是从径流产生源头进行消减，控制径流的产生和径流量。GSI技术可划分为透水性铺装技术和生物滞留技术两大类。

2.1 透水性铺装

实现铺装的透水性的主要技术途径包含了

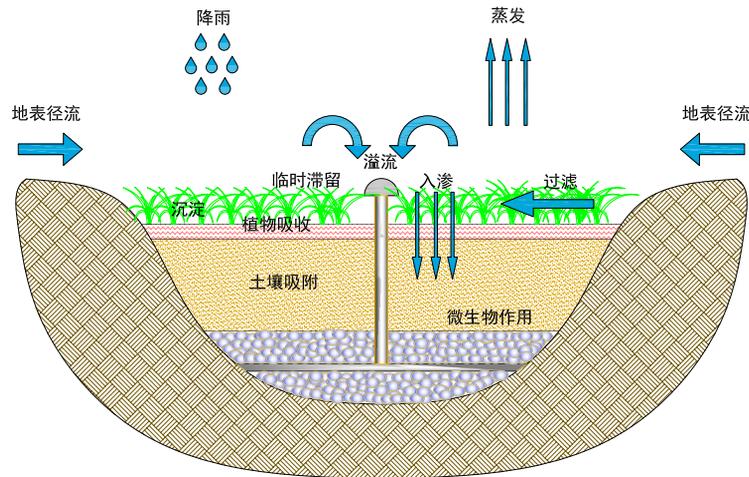


图1 生物滞留技术示意图

2个方面内容：1)扩大材料与材料在铺设中相互衔接的缝隙面积，提高缝隙透水量；2)加快透水材料自身的透水速率。根据这2种渗透形式，可以将透水铺装划分为3类。

2.1.1 缝隙透水下垫面铺装

缝隙透水主要是在路面砖相互组合衔接的铺设过程中，砖与砖之间留有缝隙，缝隙中填充陶粒、小石子或细砂等。这种铺装系统中，路面砖材料本身是不透水的，依靠砖与砖之间铺设形成的缝隙对地表雨水进行渗透。典型代表材料为面包砖铺装、植草砖铺装等。

2.1.2 自透水下垫面铺装

这种铺装形成的下垫面是一个完整的块，因此不存在材料与材料相互衔接的缝隙。铺装材料本身结构具有一定的孔隙通道，通过孔隙透水。当雨水降落在铺装的材料上后，可顺着孔隙下渗进入基层和土壤层；当没有降雨时，孔隙作为联通土壤与空气的通道，具有透水换气作用。典型代表为透水混凝土铺装、透水沥青铺装等。

2.1.3 自透水与缝隙透水相结合的下垫面铺装

为了尽可能地强化地表透水能力，并结合自透水路面和缝隙透水路面的各自的优缺点，开发了各种类型的透水砖。这些透水砖本身结构具有孔隙，而且在铺设中砖与砖之间留有一定的缝隙。

利用砖与砖之间的缝隙和砖体本身孔隙联合渗水，从而达到快速消除地表径流的作用。

不论采用哪种铺装材料，其透水铺装路面应形成一个系统，其结构形式按照从上往下的顺序划分为4层：透水面层、找平层、透水基层、透水垫层。其中通过透水铺装结构层底部铺半透水结构的排水盲管排水至雨水管网或者雨水调节池的称为全透水结构；不铺设盲管，结构层底部无渗水功能，经过渗流的雨水或者积蓄在铺装系统内部，或者通过透水性能良好的土基层排出。

2.2 生物滞留技术

生物滞留技术主要通过基质过滤、吸附以及微生物作用来净化入渗滞留的径流雨水。由于其能将雨水暂时储存而后慢慢渗入至周围土壤，因此，可以起到削减地表雨水洪峰流量、减轻径流污染等作用。生物滞留技术可以包括多种形式，较常用的有生物滞留池、下凹式绿地、生态草沟、植物缓冲带、雨水花园和生态湿地等。也可以包括有调蓄功能的雨水回用设施、土壤改良等(图1)。

生物滞留技术运用在城市道路、广场、停车场时，常常将生物滞留池或下凹式绿地等设置在道路两边的绿化带或者街边绿化小品中；在市政道路路面，雨水径流可通过路两边的孔

口道牙流入生物滞留池，雨水口一般设在生物滞留池内，高程高于池表面而低于道路路面。生物滞留池下凹深度一般在100~300mm，地表种植植物，其基质自上而下通常依次为覆盖物、土壤、粗砂和砾石，通常还应设有进水和溢流等附属设施。

在道路绿化带中，应充分利用道路形式及坡向，优先选择具有自然集水条件的绿化区域实施雨水生物滞留(图2)。

设置在城市雨水管道末端的生态湿地可以使径流雨水经滞留和削减后再汇入城市水环境。生态湿地面积由雨水管道汇水面积、当地降雨强度、径流系数等决定；生态湿地位置结合雨水管道规划和区域的水域绿地系统规划确定。

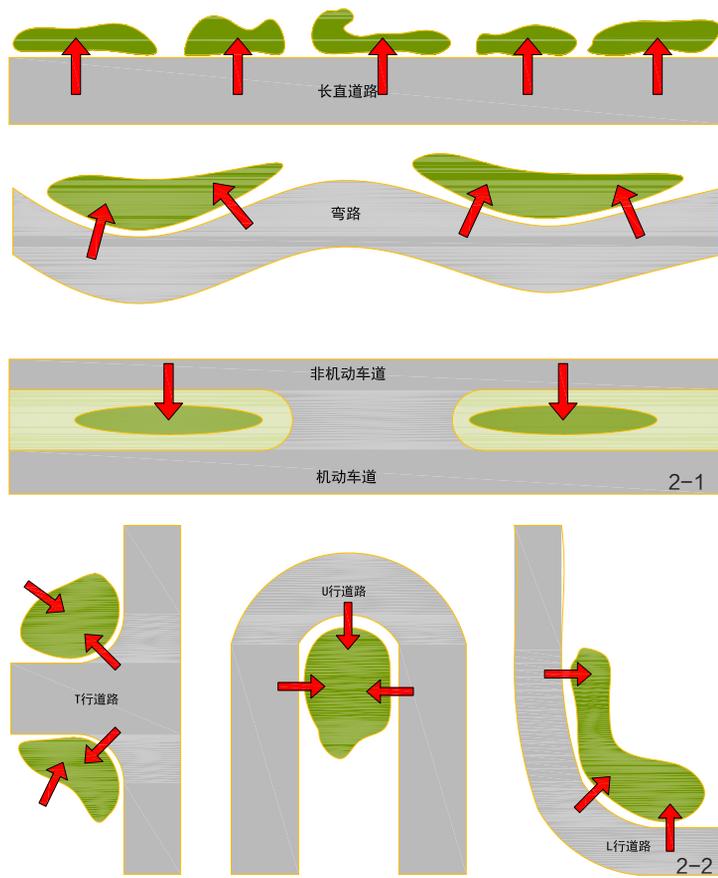


图2 不同类型道路生物滞留池设置

3 海绵城市建设规划思路

3.1 绿色生态城区规模和功能分区

绿色生态城区不同于传统的城区，经过对江苏省12个绿色生态城区规划用地功能分区分析，其建设用地以居住用地、公共建筑用地为主，两者之和一般约占总建设用地的50%以上，工业用地所占比例较少(表1)。表1中的工业用地占比仅有0.80%。

3.2 海绵城市建设规划思路

如3.1节所述，案例中的绿色生态城区尽管建设用地面积大小不一，用地功能形式却较相似，均是由居住、公建、工业、仓储、道路与广场、绿地和水面构成。如果按城市下垫面分类，则仅能分出场地及屋面、道路和广场、绿地、水面，因此，海绵城市建设思路宜从这4种类型的城市下垫面入手。

3.2.1 规划程序

在城市总体规划引领下，海绵城市建设规划程序包括以下几个步骤：1)对区域场地总体情况进行评估，内容包括地形、流域、排水模式、土壤、地质条件和天然水体、湿地、植被等本底条件；2)划定城区雨水排水流域，确定各流域可采用哪些与本底条件相适应的绿色雨水基础设施技术等；3)按流域对上述措施进行规划，包括：确定的各种绿色雨水基础设施适用范围、适用的街坊地块等；4)确定规划指标值，控制场地向场外排放的径流雨水和污

表1 各用地类型所占比例

类别	居住用地	公建用地	弹性用地	工业用地	仓储用地	道路广场用地	市政用地	绿地	建设用地面积合计
平均面积/km ²	391.80	329.60	11.89	11.17	12.83	277.32	21.68	342.30	1 398.60
所占比例	28.0%	23.6%	0.85%	0.80%	0.92%	19.83%	1.55%	24.47%	100.0%

表2 不同尺度下绿色雨水基础设施规划措施

项目	技术措施	特点
场地及屋面	绿色屋顶	对建筑屋顶的雨水减量、截污等
	雨水收集调蓄	收集屋顶或场地雨水调蓄利用
	初期雨水弃流	对场地内各下垫面的汇流雨水径流进行源头减量、截污
	雨水花园	兼有景观功能的生物滞留设施，具有渗透、净化等功能
市政道路广场	生态景观调蓄水体	设置雨水集中调蓄净化措施，兼具入渗及回用功能
	道路	用于市政道路设计，可以采用透水性铺装、下凹式绿地、生物滞留池、植被浅沟等措施的组合应用
绿地及水体	广场/停车场	用于停车场设计和改造，可以采用透水性铺装、下凹式绿地、生物滞留池等措施的组合应用
	下凹式绿地	以雨水入渗利用为主
	河道生态化驳岸	采用生态化河道驳岸形式，使之具有截污、净化和景观等多种功能
	大型水体/湿地	对较大范围流域雨水径流集中调蓄、净化，并回用

染物。

3.2.2 规划措施

依据海绵城市建设原则，规划措施应体现本地特色，具有本土适应性、技术经济可行性和目标可达性，一般性的规划措施可包括：

1)原有的山体、水体和湿地等不得用于开发建设；

2)新建和改建的非机动车道路、广场、停车场、花园小径、公共活动场地等采用透水性铺装，如采用多孔沥青、多孔混凝土、透水砖等；机动车道鼓励建设透水路面；

3)结合道路设计，合理设置生物滞留池、下凹式绿地、生态浅沟等；

4)在满足城市防洪要求的基础上，充分利用城市景观水体的调蓄容积，优先利用雨水作为城市水景观补水、绿化、道路浇洒等；有条件时可利用景观水体调蓄雨水量，就近回用于地块内和公共建筑冲厕等用水；

5)主要雨水入河口应采取初期雨水净化措施，例如：兼有调蓄功能的湿地、雨水花园等生态型雨水净化措施；

6)城市水体采用生态型驳岸。

3.2.3 适宜技术选择

在明确城区适宜于建设海绵城市前提下，按地块、街坊和城区不同尺度，以及建筑屋面及场地、市政道路、流域等不同应用层次选择适宜于当地的绿色雨水基础设施规划措施(表2)。

4 海绵城市建设规划控制指标及案例

4.1 海绵城市建设规划控制指标

城市年径流总量控制率可作为绿色生态城区海绵城市建设评价指标。年径流总量控制率指一年内场地雨水径流通过自然和人工强化的入渗、滞留、调蓄和回用而得到控制的径流雨量占全年全部雨量的百分比。指标计算公式如下：

$$\text{年雨水径流总量控制率} = \frac{\text{年雨水入渗量} + \text{年雨水滞蓄量}}{\text{全年全部雨量}}$$

结合项目的自然本底条件、用地功能分区、经济发展水平和发展目标等，确定年径流总量控制率指标值。该指标控制实施途径为：通过控制相应的日降雨厚度达到年雨水



图3 海绵城市建设规划指标控制方案案例

径流总量控制的目标。在明确年径流总量控制率指标值的前提下，合理制定规划范围未建区域不同下垫面采取入渗、滞留、调蓄、回用等绿色雨水基础设施技术的分项指标，预测控制外排的降雨径流总量。同一个区域内，也可以按流域或者功能区制定不同的年径流总量控制率指标值。

4.2 案例——以常州金融商务区核心区为例

4.2.1 概况

常州金融商务区位于常州市，隶属高新组团青龙分区。规划区域距常州市中心组团仅3km，规划面积2.0km²。北部和东部以“北塘河”“横塘河”为边界，交通发达，区位优势明显。东至龙汇路、西至东经120路、北至北塘河路、南至新塘北路区域为核心区，面积约为0.38km²，主要用地性质为商业用地，是本区域开发建设重点。

4.2.2 规划措施

针对项目总体以达到年径流总量控制率

70%为目标。具体控制目标分解为4个层次：集中绿地和沿河绿地为85%；核心区整体按70%控制；除核心区之外的其他区域为60%(图3)。核心区具体规划措施为以下几个方面。

1)规划采用透水性铺装技术，提高场地雨水自然入渗能力。

核心区地块内人行道、广场及停车场采用透水性铺装：人行道及广场可采用透水沥青、透水砖等；停车场可采用植草砖、透水沥青、透水混凝土等；其余径流雨水排入市政雨水管网。

2)规划设置生态驳岸。

根据雨润河周边地形设置植被缓冲带、下凹式绿地、生物滞留池和植被浅沟等；雨润河两岸均设置为生态驳岸，结合驳岸地形对挺水植物、漂浮植物、沉水植物进行综合选取，增加生态系统稳定性，强化水体的自净能力。

3)市政道路径流采用生态雨水处理措施。

核心区内部道路根据周边纵向标高及景观方

表3 核心区径流系数

地块分类	建筑物基底	不透水路面	透水路面	绿地	水面	总面积	Ψ
地块面积/万 m^2	6.90	8.67	2.17	11.83	8.377	37.94	0.414
占地比例	18.2%	22.9%	5.7%	31.2%	22.1%	100.0%	

案规划下凹式绿地和生物滞留池等生态处理措施,对道路径流进行净化处理,缓解城市面源污染。市政道路绿化及景观方案应明确以上措施规模或占比。

4)屋面径流雨水水质良好,基本满足景观水体的用水水质要求,因此对核心区地块内的屋面雨水进行单独收集。建筑屋面雨水排入人工水体——雨润河,雨润河的溢流空间作为雨水调蓄空间,并设置集中式雨水收集回用系统,经处理后供核心区场地内绿化、道路浇洒。

5)为避免重复建设,城区内已建成区域仅在道路或绿化景观改造时,实施绿色雨水基础设施建设。

4.2.3 指标分解——以核心区为例

1)控制雨量日值。

常州市年降雨总量为1 185.1mm,与南京相近,因此本项目雨水径流设计控制雨量参照南京市指标。根据《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378-2014)可得南京市年径流总量控制率70%的设计控制雨量为18.9mm。

2)场地设计降雨控制量。

$$V=h \cdot F=18.9 \div 1000 \times 37.94 \times 10000=7171.2m^3$$

V ——场地降雨总量(m^3);

h ——设计降雨厚度(mm);取值为18.9mm;

F ——汇水面积(m^2)。

场地综合径流系数参见表3,则认为场地入渗实现的控制率为58.6%,实现的降雨控制量 V_1 为4 202.3 m^3 。

3)需要采取其他绿色雨水基础设施实现的降雨量控制量 V_2 为2 968.9 m^3 。

核心区雨润河面积为83 770 m^2 ,设定雨水调蓄深度为0.02m,可提供调蓄容积为1 675 m^3 。核心区屋面径流量为1 304.1 m^3 ,全部排入雨润河进行调蓄。

除上述2种措施之外,核心区还拟采用下凹式绿地和生物滞留池技术,解决剩余1 664.8 m^3 的调蓄雨量。下凹式绿地与生物滞留系统的调蓄深度定为0.10m,因此所需面积为16 648 m^2 ,占总绿地面积比例为13.9%,其中下凹式绿地与生物滞留系统面积比按1:6进行分配,即12%绿地采用下凹式绿地,2%绿地采用生物滞留池。

4)核心区控制指标分解。

核心区年径流总量控制率达到70%的相关指标有:人行步道、广场及停车场透水性铺装率100%;区域内屋面雨水全部排入景观水体;12%以上绿地采用下凹式绿地;2%以上绿地采用生物滞留池。

注:文中图片均由作者绘制。

参考文献:

- [1] 刘章君,郑志磊,洪兴骏,等.城市雨水径流生态处理研究现状与进展[J].海河水利,2011(3):39-40.
- [2] 住房和城乡建设部.海绵城市建设指南[Z].2014.
- [3] 许道坤,吕伟娅.低冲击开发模式应用:透水路面发展综述[J].新型建筑材料,2012(3):31.

(编辑/金花)

作者简介:

吕伟娅/1957年生/女/黑龙江哈尔滨人/南京工业大学教授/研究方向为绿色建筑和水资源化(南京211106)

管益龙/1962年生/男/江苏启东人/江苏威宁工程咨询有限公司高级工程师/研究方向为工程管理(南京210000)

张金戈/1988年生/男/江苏宿迁人/南京长江都市建筑设计有限公司助理工程师/研究方向为绿色建筑(南京210022)