

北京城市副中心某安置房工程海绵城市方案设计探讨

刘智军

北京城市副中心投资建设集团有限公司, 北京 100020

[摘要]随着近年来城市洪涝灾害频发,“海绵城市”的规划理念和方法越来越受到社会认同。此文以北京城市副中心海绵试点区域的安置房建设工程为例,采用下凹绿地、透水铺装、植草沟和雨水花园等海绵技术措施,结合本项目安置房西高东低的场地特点,将屋面雨水通过雨落管散排到主楼周边下凹式绿地,通过植草沟将雨水引入生物滞留设施,并通过植草沟将各个小型雨水花园串联起来,形成容量和体积更大的调节体系,从而平衡雨量过大造成的调蓄设施超负荷。最终雨水通过 A 地块配置 $V_{西南}=400\text{m}^3$ 雨水蓄水池, B 地块配置 $V_{东}=100\text{m}^3$ 雨水蓄水池,在加上两个地块下凹绿地、雨水花园等海绵设施能够提供有效雨水蓄水容积,两个地块综合调蓄容积分别为 $V_{西南}=1100\text{m}^3$ 和 $V_{东}=200\text{m}^3$,对应相应的降雨量分别为 A 地块 $hy=38.2\text{mm}$ 和 B 地块 $hy=37.4\text{mm}$,两地块年径流总量控制率分别为 87.3%和 86.9%。通过以上方案设计,计算本小区内海绵设施工程的总投资约 402 万元,单位面积内的造价约为 23.12 元/平方米。文章提供了新建安置房小区海绵工程设计及投资估算,以期对相关类似工程提供参考,并对海绵型小区工程的后期运营管理及考核提出建议。

[关键词]海绵城市;工程;安置房;投资

DOI: 10.33142/sca.v2i2.309

中图分类号: F406;F252

文献标识码: A

Discussion on Sponge City Scheme Design of a Settlement Project in Beijing City Sub-center

LIU Zhijun

Beijing Vice-Center Investment and Construction Group Co., Ltd., Beijing, China 100020

Abstract: With the frequent occurrence of urban flood and waterlogging disasters in recent years, the planning concept and method of sponge city is more and more recognized by the society. Taking the construction project of the sponge pilot area in the auxiliary center of Beijing as an example, this paper adopts sponge technical measures such as concave green space, permeable paving, planting grass ditch and Rain Water garden, combined with the characteristics of the site with high height in the west and low in the east. Rain Water scattered the roof to the concave green space around the main building through the rain pipe, introduced Rain Water into the biological detention facility through the grass planting ditch, and connected the small Rain Water gardens through the grass planting ditch to form a larger capacity and volume regulation system. In order to balance the excessive rainfall caused by the excessive rainfall. The storage facilities are overloaded. In the end, Rain Water arranged $V_{southwest} = 400\text{m}^3$ Rain Water reservoir through plot A and $V_{east} = 100\text{m}^3$ Rain Water reservoir on block B. with the addition of two blocks of concave green space, 3500 garden and other sponge facilities can provide effective water storage volume. The comprehensive storage volume of the two plots is $V_{southwest} = 1100\text{m}^3$ and $V_{Dong} = 200\text{m}^3$, and the corresponding rainfall is 87.3% and 86.9% for Block A $hy=38.2\text{mm}$ and Block B $hy=37.4\text{mm}$, respectively. the total annual runoff control rates of the two plots are 87.3% and 86.9%, respectively. the total annual runoff control rates of the two plots are 87.3% and 86.9%, respectively. Through the above scheme design, the calculation of the community The total investment of the sponge facility project is about 4.02 million yuan, and the cost per unit area is about 23.12 yuan / square meter. This paper provides the design and investment estimation of sponge project in newly built residential area, in order to provide reference for similar projects, and puts forward some suggestions for the later operation management and assessment of sponge residential area project.

Keywords: Sponge city; Engineering; Housing; Investment

引言

国务院办公厅下发关于推进海绵城市建设指导意见,要求通过海绵城市建设,最大限度地减少城市开发建设对生态环境的影响,将 70%的降雨就地消纳和利用。与此同时,正式确定了推进“时间表”,要求到 2020 年,城市建成区 20%以上的面积达到目标要求;到 2030 年,城市建成区 80%以上的面积达到目标要求。北京城市副中心的建设是为调整北京空间格局、治理大城市病、拓展发展新空间的需要,也是推动京津冀协同发展、探索人口经济密集地区优化开发模

式的需要而提出的。通过构建海绵型建筑与小区、海绵型公园绿地、海绵型城市道路、海绵型河湖水系等城市海绵体，统筹发挥自然生态功能，系统性的组织安排建设任务和建设项目。采取“地块渗，分区滞，连区蓄，集中排”的原则，实现中小降雨入渗地下或收集回用、较大降雨滞蓄控排、超标降雨有序疏导调蓄，预防控制城市洪涝的海绵效果。通过国家级试点建设区的建设，完善北京海绵城市建设制度体系，构建北京市海绵城市建设框架，为将北京建成高“海绵度”的海绵城市奠定基础。

1 项目分析

项目地块位于通州区潞城镇，距离东侧六环路约 3 公里，距离通燕高速约 2 公里。西侧有现状路宋梁路，地块东北侧有运潮减河。本项目新建住宅楼 7 栋，1 栋养老设施、1 座幼儿园及相关配套设施。项目被市政道路分成两个地块，地上总建筑面积约 173148m²。

1.1 下垫面分析及周边市政条件分析

本项目所处地块原为农用地，无铺装。下垫面类型为非铺装土路面和部分砖地及碎石路面及硬化屋顶。无绿化、水体等可利用的雨水调蓄设施。前雨量综合径流系数为 0.81。项目区地势平坦，A 地块现状地面平均高程为 20.3m，B 地块现状地面平均高程为 21.3m。

1.2 雨水排除情况分析

项目区将采取雨污分流的排水体制，项目区周边有完善的规划污水管道。

(1) 现状雨水管线及排除规划

目前工程南侧有现状 DN1000~1800×1600~2000×1800mm 雨水管线，西侧有现状 DN700~1800×1400mm 雨水管线。项目区内雨水排入东侧规划 DN1600mm 雨水管线后汇入南侧 2400×1600mm 雨水管。

1.3 污水排除情况分析

北侧道路规划新建 Φ400 的污水管道；沿西侧路规划新建 Φ400~800mm 的污水管道；项目区内污水排除在北侧路规划预留 Φ400mm 污水接口；西侧留庄路规划预留 Φ400mm 污水接口，项目建成后具备接入条件。

1.4 再生水利用情况分析

近期：本项目拟自建再生水处理设施，处理达标后用于项目绿化灌溉、地下车库和道路冲洗等用水；远期：项目周边有完善的规划和现状中水供水系统。项目在东侧和南侧分别预留 DN150mm 的中水管线接入大市政管网。

2 海绵城市方案设计

2.1 总体方案思路

(1) 低影响开发理念

不同于传统集中式雨水排放，LID 力求模拟自然，用分散的小规模控制措施在源头上管理雨水。低影响开发与绿色建筑所倡导的理念是基本一致的，同时实施低影响开发所产生的生态环境效应密切相关。它是一种有效减少雨水径流总量、降低径流污染、延缓峰现时间、构建生态水循环的理想方式，从而能够实现工程排水向生态排水转变。

(2) 绿色雨水基础设施 通过一系列绿色雨水设施，诸如生物滞留设施（雨水花园）、植被浅沟、渗透铺装、景观水体、多功能调蓄等管理城市雨水，能够以自然的方式控制城市雨水径流、减少城市洪涝灾害、控制径流污染、保护水环境，从而实现生态、环境、景观等多种功能。

(3) 根据低影响开发设计理念，采用“渗、滞、蓄、净、用、排”的方式处置雨水。本次建成的技术路线详见图 1。

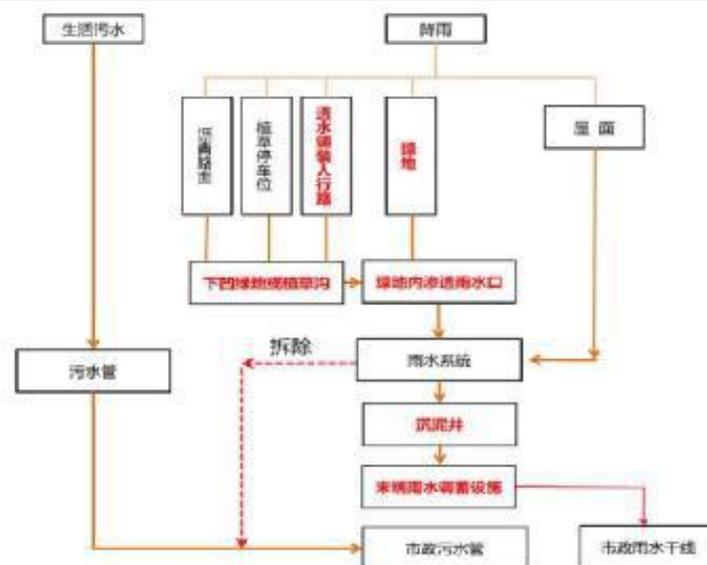


图1 技术路线

2.2 具体方案设计

目前海绵城市建设采用的主要措施为：

(1) 下凹绿地

下凹式绿地设计的指导思想为：在不影响周边地基与基础、地下水水质等前提下，尽量将绿地设计为低势绿地，将屋面、道路等各种铺装表面形成的雨水径流汇集入绿地中进行蓄渗，以增大雨水入渗量，多余的径流雨水从设在绿地中的雨水溢流口或道路排走^[1]。

根据现状条件，将建筑周边的绿地建成为下凹式绿地；下凹绿地均低于周边道路 100mm，种植土壤层厚度 30cm，土壤类型为壤土。通过在路缘石上开豁口，将道路雨水引入下凹式绿地进行下渗、过滤，下凹绿地中雨水则通过渗透雨水口溢流形式排至雨水管。下凹式绿地设计时应保留现状树木尽量保留。绿地采用人工整理绿化用地后栽植乔灌木及撒播草籽。

(2) 透水铺装

透水性铺装是一种新型的城市铺装形式，通过采用大孔隙结构层或者排水渗透设施使雨水能够通过渗透设施就地下渗，从而达到减少地表径流、雨水还原地下等目的。透水性路面是一种解决洪峰流量过大导致城市排水系统瘫痪、城市资源匮乏等问题的有效措施。

小区集中绿地和步行道路系统均采用透水铺装。建成后，人行区域雨水可通过透水铺装直接下渗，多余雨水则排在周边下凹绿地中。透水砖铺装施工工艺：先将土体夯实，再铺 20cm 厚的级配碎石，级配碎石上铺高 5cm 的砾石垫层，再铺设 6cm 厚 20cm×10cm 的砖。

(3) 植草沟

植草沟是指种植植被的景观性地表沟渠排水系统。地表径流以较低流速经植草沟滞留、植物过滤和渗透，雨水径流中的多数悬浮颗粒污染物和部分溶解态污染物有效去除^[2]。人行铺装外侧设置植草沟，主要收集人行道的雨水。车行路的东侧设置植草沟，收集车行路的路面雨水，并将路面雨水口位置移至绿地的植草沟内。

(4) 雨水花园

雨水花园是在地势较低区域种有植物的专类工程设施，它通过土壤和植物的过滤作用净化雨水，减小径流污染，同时消纳小面积汇流的初期雨水，减少径流量。在雨水利用方面，绿色基础设施理念为雨水花园的建设提供了网络框架，它将城市化过程中被分割的绿色空间连接起来，以发挥更大的生态效益。而作为绿色基础设施的一部分，雨水花园不仅保护了存在于景观之中的自然过程，而且将技术与艺术完美结合，为绿色基础设施建设提供了更大的发展空间^[3]。

结合场地的低点，在集中绿地内布置生物滞留设施，将植草沟的雨水引入生物滞留设施。通过植草沟将各个小型雨水花园串联起来，形成容量和体积更大的调节体系，从而平衡雨量过大造成的调蓄设施超负荷的情况。

(5) 雨水调蓄池

根据海绵城市设计规划目标，在红线内雨水管网末端修建雨水调蓄池，同时可兼做雨水收集池，回收雨水可用于洗车、道路浇洒、景观灌溉等用途。

(6) 雨污分流建成 本项目排入市政时为雨污分流流系统，在本次海绵设计中，进行雨污分流建成，可直接将本项目雨水排至市政雨水管网。

3 方案效果分析及校核

试点小区域内汇水分区的“渗、滞、蓄”各项控制指标，包括综合径流系数，透水铺装率、下沉式绿地率等。其中，下沉式绿地率=广义的下沉式绿地面积/绿地总面积广义的下沉式绿地泛指具有一定调蓄容积的可用于储存、蓄渗径流雨水的绿地，包括生物滞留设施、渗透塘、湿塘、雨水湿地等。

透水铺装率=透水铺装面积/硬化地面总面积

(1) 地块计算

根据区域内布局特点及雨水回收利用的要求，收集区域内部分屋面、道路、绿地和水面雨水，总收集面积：A 地块约为 483112m²，B 地块为 19794 m²。

$$\text{计算公式: } V = 10\Psi_{zc}h_yF$$

式中：V—设计调蓄容积 (m³)；

Ψ_{zc} —雨量综合径流系数；

h_y —设计降雨量 (mm)；

F—汇水面积 (hm²)。

表 1: A 地块(含幼儿园)雨水利用与控制统计表

下垫面	面积	雨量径流系数
用地面积	48311.701	
硬化面积	21565.79	0.9
其中	不透水沥青道路	8468.39
	不透水人行道、广场等	1341.54
	硬化屋面	11755.86
绿地面积(地下室覆土绿地均>500mm)	17554.571	0.15
其中	实土绿地	10363.208
	3米以上覆土绿地	6904.935
	1.5米以下覆土绿地	286.428
透水铺装用地	9191.34	0.45
其中	透水人行道路	2361.72
	透水停车位	6829.62
综合径流系数	0.542	

表 2: B 地块雨水利用与控制统计表

下垫面	面积	雨量径流系数
用地面积	19794.328	
硬化面积	6730.14	0.9
其中	不透水沥青道路	3361.18
	不透水人行道、广场等	668.52
	硬化屋面	2700.44
绿地面积(地下室覆土绿地均>500mm)	8580.728	0.15
其中	实土绿地	5154.379
	3米以上覆土绿地	3059.264

	1.5 米以下覆土绿地	367.085	0.15
透水铺装用地		4483.46	0.45
其中	透水人行道路	3436.71	0.45
	透水停车位	1046.75	0.45
综合径流系数		0.473	

其中，两地块下凹绿地面积及透水铺装面积试点区域指标要求及北京市地方标准 DB11/685-2013《雨水控制与利用工程设计规范》4.2.3 条第 2、地 3 款：下凹绿地率不少于 50%；透水铺装率不小于 70%的要求。

(2) 根本北京市地方标准 DB11/685-2013《雨水控制与利用工程设计规范》4.2.3 条第 1 款要求：新建工程每千平方米硬化面积配建调蓄容积不小于 30 立方米的雨水调蓄设施。以此为标准，B 地块屋面面积为 11755.86m²，应配建蓄水池容积不小于 360m³，A 地块屋面面积为 2700.44m²，应配建蓄水池容积不小于 80m³。

拟于 A 地块配置 V_{西南}=400m³ 雨水蓄水池，于 B 地块配置 V_东=100m³ 雨水蓄水池。A 地块下凹绿地、雨水花园等海绵设施能够提供有效雨水蓄水容积 700m³，B 地块为 150m³。

综上所述，V_{西南}=1100m³ V_东=200m³

(3) 设计降雨量 hy 计算：计算公式 $hy = V/10\Psi_{zc}F$

A 地块 hy=38.2mm B 地块 hy=37.4mm

(4) 年径流总量控制率计算：

由内插法得出，A 地块年径流总量控制率为 87.3%，B 地块年径流总量控制率 86.9%。

(5) 年径流污染削减率及评价：

年 SS 总量去除率=年径流总量控制率×低影响开发设施对 SS 的平均去除率。其中，低影响开发设施对 SS 的平均去除率按 60%计。A 地块年 SS 总量去除率为 52.4%，B 地块年 SS 总量去除率为 52.1%。均满足“大于 42.5%要求”。

(6) 雨水资源利用率及评价：

①. 根据 GB50555-2010《民用建筑节能设计标准》，本项目各单位用水定额为：绿化用水 0.3m³/m²·年，年喷灌天数按 40 天计；道路浇洒用水 0.5L/m²·次，年浇洒次数按 40 次计。由此可得，A 地块日回用水量为：58.75m³，年总回用水量为 2350.0m³。B 地块回用水量为 29.47m³，年总回用水量为 1178.8m³。

②. 年降雨量计算 (P=1)：

A 地块年平均降雨量为：2170.0m³。B 地块年平均降雨量为：890.0m³。

③. 按蓄水池每年充满 5 次计算，A 地块雨水利用率为 92.0%，B 地块雨水利用率为 56.2%。均满足大于 5%要求。

雨水资源化利用

通过以上调蓄池设置，对雨水进行资源化利用，收集后雨水用于绿化喷灌、道路浇洒等。小区绿化面积为 A 地块约为 17555m²，B 地块约为 8580m²。根据建水规范，绿化用水定额采用 2.0L/m²·d。则整个小区雨水的需求量为，A 地块为 17555×2=35.12 吨/d；B 地块为 8580×2=17.16 吨/d。两地块设置雨水净化处理装置，调蓄池内设置雨水回用加压泵，出水通过净化装备处理后通过小区室外设置的喷灌系统对小区内绿化进行浇灌。

4 工程量及投资

表 3：海绵设施工程费用测算

序号	海绵设施名称	工程量	单价	总价（万元）
1	透水铺装	13674.8m ²	200 元/m ²	273.5
2	植草沟	500m	200 元/m	10.0
3	蓄水池	500m ³	1200 元/m ³	60
4	下凹绿地	13125.79m ²	40 元/m ²	52.5
5	雨水花园	50m ²	1200 元/m ²	6.0
合计				402

小区内海绵设施工程的总投资约 402 万元，地上总建筑面积约 173148m²，则小区单位面积内的造价约为 23.12 元/平方米。

5 总结及思考

本项目作为北京城市副中心海绵城市试点区域内海绵型小区工程,从现行海绵城市建设常用海绵设施选择及设计,到海绵设施建设与指标要求核对,再从工程量和投资方向进行了详尽的介绍,对同区域类似的项目工程具有借鉴意义。以下通过此工程海绵城市工程实例简介引出以下几点思考:

1) 任何工程建设前期,规划先行。海绵城市建设涉及水务、建筑、市政、园林、交通等多个专业和部门,应满足各层级和各专业规划中明确控制指标和建设要求,做好海绵系统布局统筹协调和合理衔接。要充分考虑规划区域内水文、地形、植被、地质状况和面临的问题,采取针对性的建设策略;

2) 海绵城市设计过程中,对于房建类项目,主要收集建筑屋面及地块红线内的降水,建筑设计方案时候,要合理选用雨水的重现期,既不能造成管材选用过大的浪费,也不能造成管材过小,雨水壅塞。园区内小市政和园林景观设计应根据地形,确定合理的排水流向和汇水分区。遵循场地条件,在雨水花园和下巴绿地等海绵设施里面合理筛选植物,选用抗逆性强、景观价值高、容易繁殖且物美价廉的植物。避免造成年久干化而失去调节和含蓄的作用;

3) 在已经建成的海绵设施区域内,要科学的管理和运营,引入专业的有相关工程实例的第三方在线监测服务机构,通过专业的监测信息,为实际使用过程提供准确数据支撑,并可为其他类似项目的海绵考核、监测,绩效评价提供参考和示范;

4) 虽然从长远看海绵城市的建设,能有效的解决城市排水的问题,但是作为工程建设,需要投入建设管理等资金,需要探索出有效的投融资机制。需要推动城市排水等基础设施市场化改革,建立科学公平的 PPP 融资模式,引入多元化投资,提高建设、运营和管理效率。

[参考文献]

[1] 李俊奇等. 住区低势绿地设计的关键参数及其影响因素分析[J]. 北京建筑工程学院, 2014(09): 113-118.

[2] 杨锐, 王丽蓉. 雨水花园: 雨水利用的景观策略[J]. 城市问题, 2011(12): 51.

作者简介: 刘智军 (1984-), 研究生, 中级工程师