

海绵城市规划中对雨洪调蓄的研究与探讨

——以上海市虹桥商务区主功能区海绵城市专项规划为例

文 / 覃大伟 上海浦东建筑设计研究院有限公司 上海 201206

【摘要】 本文对上海市虹桥商务区主功能区海绵城市规划进行了研究和分析，整理出海绵城市规划中雨洪调蓄的思路，并结合下垫面分析、雨水模型模拟等，对海绵城市中各项措施对城市雨洪调蓄的作用进行分析。可以发现，海绵城市中低影响开发措施、中途调蓄、河道水系连通等对地区雨水排放具有很大作用，可以有效改善地区排水安全，降低城市内涝风险。

【关键词】 海绵城市；雨洪调蓄；径流总量控制；模型模拟

【DOI】 10.12334/j.issn.1002-8536.2022.27.033

引言：

“海绵城市”主要是指城市在规划建设过程中，充分发挥建筑、道路、绿地和水系等自然积存、渗透和净化作用^[1]，控制雨水径流总量和污染，下雨时吸水、蓄水、渗水、净水，需要时将蓄存的水“释放”并加以利用^[2]。以缓解日益频发的城市内涝灾害^[3]，改善城市面源污染，提升雨水资源化利用水平，建立和完善城市“海绵体”，最终构建可持续、资源化的“水弹性城市”^[4,5]。

本文主要通过上海市虹桥商务区主功能区海绵城市专项规划方案案例，对海绵城市规划方案中的雨洪调蓄作用进行了研究和探讨，并结合地区现状建设情况、地区规划以及排水系统模型等进行综合分析，提出相应雨洪调蓄策略。

1、地区概况

上海市虹桥商务区位于上海中心城区西侧，东临虹桥综合交通枢纽，西靠国家会展中心，是上海市重点发展区域。根据规划，虹桥商务区规划范围总用地 2634.0 公顷，除水域外均为城市建设用地。城市建设用地 2508.9 公顷，其中，对外交通用地 890.3 公顷，占城市建设用地的 35.5%，所占比例较高。其次，核心区内地下空间开发利用强度较高，虹桥商务区核心区总开发体量为 550 万 m²，地上建筑面积逾 330 万 m²，地下建筑面积达到 220 万 m²，地下建筑面积占比 40%。同时，区域内地下水位

较高，潜水位埋深一般在 0.5~1.5m，地下水埋深浅，承压水埋深浅，承压水位高，对雨水入渗回补地下水的的需求低。

2、地区雨洪调蓄现状及分析

2.1 雨水系统建设现状

虹桥商务区雨水系统采用不同的重现期标准，其中：机场跑道和铁路场站区设计暴雨重现期为五年，枢纽核心区设计暴雨重现期为三年，其它区域设计暴雨重现期为一年。

地区内的雨水排水模式划分如下：（1）机场以东部分地区采用缓冲式排水模式；（2）其他地区均采用雨水强排模式，规划以河流、铁路的等天然或人工障碍物为分隔，包括 8 个雨水强排系统，在地区内设置 4 座雨水泵站。

结合虹桥商务区内道路建设，虹桥商务区内雨水管网及系统雨水泵站均基本已按规划建成。局部管道管位与规划不符，但不影响整体管网排水功能。

同时，区域内已建部分雨水调蓄和回用设施。其中，虹桥机场扩建区域总面积约 5.6km²，分为南北两个雨水分区，采用的雨水收集调蓄设施为北部雨水分区的调节池，汇水面积约为 2.3km²。北区雨水系统中的调节池，调节池有效水深为 2.8m，池容约 18.4 万 m³，如考虑调蓄容积占有效容积的 30%，则可调蓄水量为 5.52 万 m³。

2.2 地区下垫面分析

本文分别按地区控详规规划和现状地块建设开发情况对下垫面进行了分析。按地区用地性质，经计算虹桥商务

区整个 26km² 规划范围内的综合径流系数为 0.696。

目前虹桥商务区已基本开发完毕，根据实际开发情况，对虹桥商务区主功能区下垫面进行分析，得出现状综合径流系数为 0.67。可以发现，虹桥商务区主功能区由于开发强度较高，地区规划和现状综合径流系数较高。

2.3 现状雨水系统模型分析

本次模型分析选取 P=1 年，P=3 年，P=5 年不同暴雨重现期，对主功能区雨水管网进行模拟，综合径流系数采用 0.67。评估雨型采用芝加哥雨型，雨峰位选择 r=0.4，r=0.6，r=0.9（即雨峰靠前、雨峰居中、雨峰靠后）情况进行评估。

数学模拟的边界条件为：

（1）一般地面最低节点地面标高取 4.0m；地道 -2.56m；

（2）泵站出口河道水位按最高控制水位，取 3.75m；

（3）管道水位初始条件：初始水位为故按管底标高，即预排空状态。

针对不同雨峰位置、暴雨重现期、降雨历时，选取以下 3 种工况组合，共计 9 种工况进行对比，从而对规划

雨水系统应对不同降雨条件的能力进行评估。

根据以上情况，可以发现虹桥商务区主功能区已建有较完善的雨污水排水系统，尤其是机场南北两区还设置大容量的雨水调节池，可有效解决初期雨水的污染源问题；但同时主功能区雨水系统暴雨重现期为 1 ~ 5 年，部分区域已建市政雨水设施标准不是很高，根据模型模拟分析地区范围内存在一定积水风险。

3、雨洪调蓄方案

传统的雨洪调蓄设计理念主要是通过、雨水口、管道、泵站、排放口等排水设施对降雨“快收快排”，在降雨到来后，尽快将雨水排出城市^[6]。而随着城市发展建设，该种传统设计理念已经很难满足城市雨洪调蓄管理需求。

海绵城市低影响开发措施，改变了传统的“快排为主”的雨洪调控理念，从源头通过一系列措施，降低地表综合径流系数，通过渗、滞、蓄、净、用、排功能，将雨水就地消纳利用，恢复自然功能^[7]。

综上所述，虹桥商务区主功能区排水防涝的主要问题是市政雨水排水系统的提标改造。虹桥商务区当前的排

表 1 虹桥商务区主功能区规划综合径流系数计算

用地性质	用地面积 (hm ²)	径流系数	综合径流系数	
居住用地	199.0	0.6	0.696	
公共设施用地	251.3	0.7		
仓储用地	40.6	0.9		
特殊用地	24.9	0.6		
对外交通用地	1087.4	0.84		
其中	铁路、磁悬浮用地	206.5		0.6
	机场用地	880.9		0.9
绿化用地	409.4	0.15		
道路广场用地	413.4	0.9		
市政公用设施用地	46.7	0.6		
储备用地	37.4	0.6		
水域	123.9			
枢纽地区范围总用地	2634			

表 2 模拟工况组合表

序号	暴雨重现期 (a)	降雨历时 (h)	雨峰位置 r
工况组合一	1	2	0.4
	3		
	5		
工况组合二	5	2	0.4
		4	
		6	
工况组合三	5	2	0.4
			0.6
			0.9

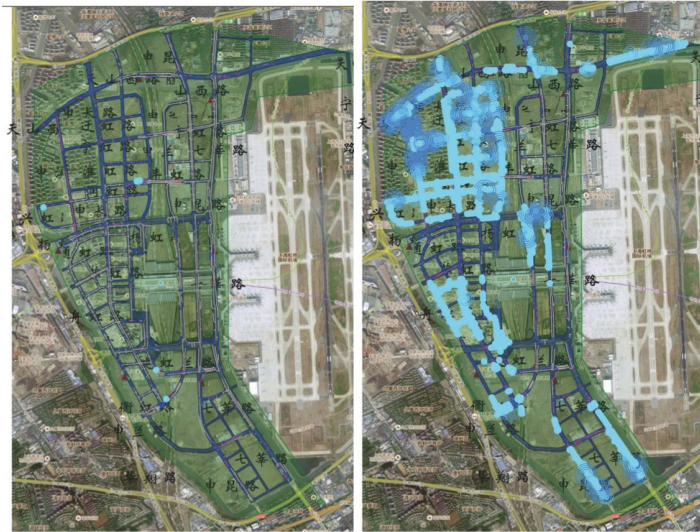


图 1

P=1a t=2h r=0.4 工况模拟成果

图 2

P=5a t=2h r=0.9 工况模拟成果

水管网排涝能力还达不到 P=5 的要求，通过海绵城市建设，可以加快推动和改造排水防涝设施，满足新国标以及各类海绵城市建设标准，提高排水防涝能力。尤其应加强中间雨水调蓄设施的建设，进一步增加排水安全保障。结合城市雨洪调蓄管理控制目标，海绵城市规划中可采取的措施主要如下：

3.1 低影响开发措施

主要在海绵城市规划中通过分区管控，落实各区海绵城市建设控制指标，结合透水铺装、下凹式绿地、雨水花园等措施实现源头减量目标。考虑虹桥商务区内实际建设情况，有较多项目并没有按海绵城市的模式建设，由于这些绿地项目建成时间不长，故无必要立即按海绵城市要求进行改造，可待远期绿地改建时再进行海绵城市设施建设；而对在建和拟建项目，应要求其按海绵城市的建设要求进行建设。本次针对商务区内实施海绵城市前后径流总量进行了分析，对比结果如下图所示：

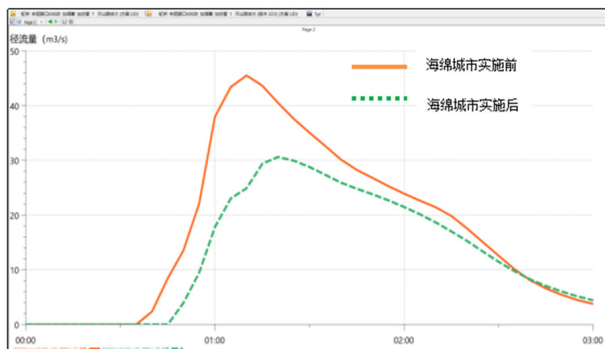


图 3 商贸区（北块）：海绵设施实施前后径流量对比图

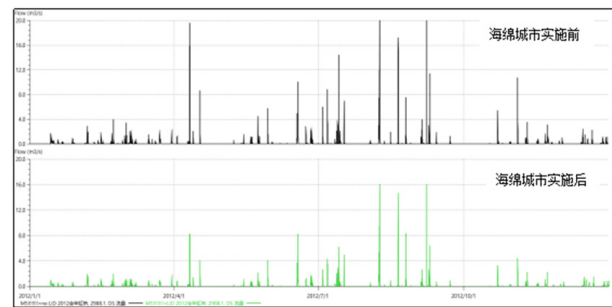


图 4 商贸区（北块）：

海绵设施实施前后年径流量总量对比图

通过对海绵城市措施实施前后径流量分析，海绵城市设施改造后，分区内 5 年一遇设计降雨工况下，径流量峰值得到了很好的控制，削减了约 30 ~ 40%，且峰值发生的时间滞后了 5~10 分钟左右，年径流总量控制率为 76%。

3.2 完善排水设施

虹桥商务区内大部分地区市政雨污水管网建设相对比较完善，考虑虹桥商务区内部分保留地块部分小区建设年代较久，建议对早期建设地块进行雨污混接调查，对混接和合流现象整改，并对内部存在损坏的管网进行提标修复。同时，商务区核心区地下空间开发利用强度较高，对排水安全性高，根据地区积水和道路改造情况，结合规划模型分析，对部分低标市政雨水管网进行提标改造。其次，结合商务区现状条件，在雨水系统的中部难于找到较大成片的空地用于建设中间调蓄池，削减洪峰流量，可结合道路改造考虑采用管道调蓄方式。本文对雨水系统增加中途调



图5 无中间调蓄设施 P=5 年模拟图



图6 增设中间调蓄设施 P=5 年模拟图

蓄前后采用计算机模拟分析, 分析结果如下图 5、6:

由成果图可看出, 通过设置中间调蓄管道, 可大大减少积水情况, 再辅以路段的雨水管道提标改造, 可达到在 P=5 年的情况下没有积水。

3.3 提升河道水系功能

现状商务区内规划河道面积 125.1hm², 水面积率 4.75%, 远低于上海市海绵城市水面积率建设目标 (10.5%)。建议梳理规划区内河道网络结构, 强化蓝色线性空间, 保障水体连通, 保护河道空间; 建议在嘉闵高架路以西、北翟高架路以南, 以及沪青平公路以北、申昆路以西的片状绿地内控制面积不小于 7 公顷和 4 ~ 5 公顷的湖泊。

同时, 建议在满足防洪要求的情况下, 有条件的地区利用河道营造湿地、浅水湾等, 强化滨水缓冲带的生态净化功能, 发挥雨洪调蓄功能。

结语:

本文通过海绵城市规划中结合低影响开发措施、排水管网完善、雨水调蓄设施、河道水系完善等措施, 分析对地区雨水径流总量的控制, 并研究其对雨洪调蓄管理的作用进行分析和探讨。可以看出, 通过低影响开发措施, 可有效控制径流量; 同时, 针对已建地区现状雨水管网已基本建设完成, 采取中途调蓄设施, 可以有效提升地区排水安全, 满足排水标准。海绵城市规划中通过对各项措施的

有效组合利用, 可以最优化实现径流总量控制效果, 提升地区排水安全。

参考文献:

- [1] 谭术魁, 张南. 中国海绵城市建设现状评估——以中国 16 个海绵城市为例 [J]. 城市问题, 2016(6):98-103.
- [2] 车生泉, 谢长坤, 陈丹, 等. 海绵城市理论与技术发展沿革及构建途径 [J]. 中国园林, 2015(6):11-15.
- [3] 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.
- [4] 仇保兴. 海绵城市 (LID) 的内涵, 途径与展望 [J]. 建设科技, 2015(1):1-7.
- [5] 俞孔坚, 李迪华, 袁弘, 等. “海绵城市”理论与实践 [J]. 城市规划, 2015(6):26-36.
- [6] 车伍, 武彦杰, 杨正, 等. 海绵城市建设指南解读之城市雨洪调蓄系统的合理构建 [J]. 中国给水排水, 2015, 31(8):13-17, 23.
- [7] 宋梦琪. 城市雨水系统中低影响开发与绿色水基础设施及其实例 [J]. 环境科学与管理, 2013, 38(3):69-71.

作者简介:

覃大伟 (1964-), 男, 土家族, 湖南省慈利县人, 本科, 高级工程师, 研究方向: 市政给排水工程设计。