

海绵城市在实际工程中的设计及运用

——以上海市某项目为例

程厚明

(上海引素环保科技有限公司, 上海市 201400)

摘要: 随着城镇化建设的大力开展,城市的绿化覆盖面积在逐步减少,在自然生态环境方面,城市韧性也在降低,而海绵城市的建设对当前城镇化的进程所带来的伤害具有良好的修复作用。海绵城市建设中的海绵设施具有较好的吸收雨水的功能,雨天可以吸收雨水进行储存,晴天可将雨天吸收的雨水进行蒸发释放,从而对周边环境起到一个很好的降温效果。因此,海绵城市的建设可增强城市抗旱防涝的能力,削弱城市的热岛效应,提高城市抗风险性的韧性。

关键词: 海绵城市;建筑产区;海绵设施;设计

中图分类号: TU992

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)12-0186-04

Design and Application of Sponge City in Practical Projects of Shanghai

CHENG Houming

(Shanghai Yinsu Environmental Protection Science Technology Co., Ltd., Shanghai 201400, China)

Abstract: With the vigorous development of urbanization, the green coverage area in cities has been gradually decreasing, leading to a reduction in urban resilience regarding the natural ecological environments. However, the construction of sponge cities demonstrates the significant restorative effects on the ecological damage caused by the current urbanization processes. Sponge facilities in sponge city construction possess the excellent rainwater absorption functions, which can absorb and store the rainwater during rainy days, and in sunny conditions, can evaporate and release the rainwater adsorbed during the rainy days so as to play a very good cooling effect on the surrounding environment. Consequently, the construction of sponge cities can enhance the urban drought and flood resistance, mitigate the urban heat island effect, and improve the resilience to risks of cities.

Keywords: sponge city; building industrial zone; sponge facilities; design

0 引言

随着城镇化进程的加快实施,城镇的绿化面积必然会降低,从而造成城镇内的径流系数增加^[1-2]。雨天,雨水渗入地面的难度加大,雨水收集排放不及时,极易产生小雨积水、大雨洪涝的现象。晴天,建筑屋面、道路路面含水率低,钢筋混凝土等材质一受热,温度急剧升高。这将导致城市易发生热岛效应,从而极大地降低城市的居住舒适度与体验感,城市韧性也将大打折扣^[3]。这种情况的发生在城市大力发展建设中是难以避免的。针对此现象,大力开展海绵城市建设就显得尤为重要与弥足珍贵^[4]。本文将从笔者参与的众多海绵城市设计项目中,挑选一

个为例,较为深层次地探讨与解析海绵城市设计过程中遇到的难点和重点。

1 工程概况

本项目位于上海市临港奉贤园区,建设总用地面积约68 224.3 m²,总建筑物占地面积约24 669.43 m²,绿地率大于等于30%,容积率小于等于3.0。项目主要内容:11栋研发楼、研发实验楼、中试厂房、裙房、宿舍楼及地下室(各单体共一层整体地下室)等。项目周边交通十分便利,基地内部地势比较平缓。

2 设计目标

构建城镇源头雨水低影响开发系统,建设或修复水环境与生态环境,实现源头雨水的径流总量控制、径流峰值控制和径流污染控制,使建筑、小区与厂区的低影响开发雨水系统工程做到技术先进、经

收稿日期: 2025-03-07

作者简介: 程厚明(1993—),男,本科,工程师,从事给排水市政相关设计工作。

济合理、安全可靠^[5]。

为构建源头低影响开发雨水系统,一般会在城镇化发展建设之前对地块进行规划编制。海绵城市的控制规划设计目标一般包括年径流总量控制率、场地综合径流系数控制、年径流污染控制率、雨水资源化利用率等。低影响开发雨水系统的构建在其他地区一般会选择年径流总量控制率作为首要的规划控制目标,如浙江宁波;上海地区一般选择年径流总量控制率和年径流污染控制率作为首要的规划控制目标,一些要求比较严格的地块,还会将场地综合径流系数控制和雨水资源化利用率一并纳入海绵城市建设的控制目标中。本项目的海绵城市建设要求就比较严格,要求达标指标较多^[6]。

本项目属于上海市临港新片区划分的先进智造片区,根据《临港新片区海绵城市规划建设管理实施细则(试行)》和《临港新片区海绵城市建设指标体系(试行)》等规范及标准资料,选择年径流总量控制率、年径流污染物控制率、场地综合径流系数控制、雨水资源化利用率、雨水管网设计重现期等作为本项目海绵城市设计的强制性指标。本项目海绵城市建设管控指标如下:

(1)年径流总量控制率不小于70%(对应设计降雨量为18.95 mm)。

(2)年径流污染物控制率不小于45%。

(3)综合径流系数不大于0.55。

(4)雨水资源化利用率不小于2%。

(5)雨水管网设计重现期不低于5 a一遇^[7]。

3 设计思路

海绵城市一般是通过加强城市的规划建设管理,从而充分发挥建筑、道路,以及绿化、水系等一切生态系统设施对雨水进行自然吸纳、蓄存和缓释作用,进一步地有效控制雨水降落形成的地表径流,来达到雨水自然积存、净化的城镇化发展模式^[8]。

海绵城市设计思路以需求为导向,在规划管控的目标指引下,遵循因地制宜、系统、经济和创新等原则,通过“渗、滞、净、用、排”等手段,从而来实现场地内雨水降雨径流污染的分级控制和超标雨水及时排出场地的目标^[9]。

本项目设计构思根据以下几点进行展开:(1)根据本项目的上位规划,确定海绵城市设计控制目标和相关指标要求。(2)结合建筑和景观等专业的设计总图及场地周边雨水排放条件,对场地竖向标高和

排水管网进行分析,明确场地汇水分区和排水方向,合理划定场地收水范围和排水分区。(3)选择可适用的海绵设施类型,结合场地条件合理布局海绵设施。(4)计算开发后的综合径流系数是否满足指标要求。(5)通过计算确定各海绵设施的规模及雨水控制量。(6)根据多年平均径流总量控制率的要求,校核将设置的海绵设施是否满足海绵城市的设计要求。若不满足,则需调整其类型、布置及规模等,直至海绵城市控制性指标满足规划要求为止。(7)对选择的海绵设施方案进行合理的经济技术比较和优化组合^[10]。

根据建筑专业提供的项目总图,从该项目的总图发现,本项目有个非常不利于海绵城市设计的点——项目场地内绿化面积积极其少,基本上刚好满足本项目的绿地率指标,加上项目的地下室轮廓线与用地红线之间的间距比较近,且地下室轮廓线上方的覆土仅有1.5 m。绿化相关规范要求,绿化覆土不满足1.5 m的要求,则不参加项目绿化率的计算。而设置海绵设施雨水花园的绿地,一般要求比周边道路低50~100 mm。通过这一分析,直接否定了本项目大量布置雨水花园的方案。再加上本项目有雨水资源利用率的要求,而雨水花园的大量设置也不利于雨水回收利用系统的设置^[11]。

因此,本项目海绵城市设计考虑采用源头减排和末端调蓄处理相结合的方式管控地块径流雨水,通过设置雨水花园、雨水调蓄池+高效生态处理器相结合的方式净化场地内径流雨水,从而达到海绵城市设计目标管控控制要求。

4 方案设计

4.1 竖向及汇水分区分析

根据下垫面分布及场地竖向高程,本项目场地内竖向标高为5.40~5.14 m(吴淞高程,下同),周边道路竖向标高为4.80~4.37 m。项目场地标高高于周边道路,本项目海绵城市设计可不考虑客水的汇入。场地内道路相交点标高为5.40 m,场地出入口标高为5.20~5.14 m,场地内其他路段标高为5.30 m。本项目有两处雨水排放出路,分别位于项目的北侧及东侧市政道路,接入点市政雨水检查井标高均满足场地内雨水管网接入需求。

为降低雨水管道开挖深度,使工程更加经济节约,本项目拟划分排水分区2个,其中汇水分区划分为10个,排水分区一细分为4个汇水分区,排水分区二细分为6个汇水分区。

各排水分区地征数据及径流雨量详见表 1。

表 1 排水分区综合径流系数、径流雨量

排水分区	汇水分区	汇水面积/m ²	综合径流系数	径流雨量/m ³
排水 分区一	1	3 842.54	0.64	46.60
	2	3 212.93	0.67	40.79
	3	15 207.10	0.73	210.37
	4	10 004.85	0.75	142.19
	合计	32 267.42	0.72	439.95
排水 分区二	5	3 043.93	0.69	38.90
	6	5 661.42	0.59	63.30
	7	10 504.71	0.58	115.46
	8	6 617.08	0.81	101.57
	9	4 227.81	0.28	22.43
	10	5 901.93	0.35	39.14
	合计	35 956.88	0.56	380.80
总地块	总计	68 224.30	0.63	820.75

4.2 下垫面分析

根据建筑专业提供的场地总图的布置及下垫面的填充分析计算,本项目场地综合径流系数为 0.63,各个汇水分区的综合径流系数见表 1^[12]。

4.3 年径流总量控制率分析

根据上海市临港新片区多年平均径流总量控制率对应的设计降雨量,本项目年径流总量控制率为 70.0%,对应的设计降雨量为 18.95 mm。本文以汇水分区一为例,进行简单的计算分析。按照《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》,调蓄容积采用容积法进行计算:

$$V = 10 \times H \times \varphi \times F$$

$$= 10 \times 18.95 \times 0.64 \times 0.384\,254 = 46.60\text{ m}^3$$

则汇水分区一需要管控的雨水径流量为 46.60 m³。而汇水分区一共布置雨水花园 156 m²,其中雨水花园下凹深度为 100 mm(即调蓄量为 0.1 m³/m²),下渗雨量为 0.2 m³/m²,则雨水花园的总调蓄池为 46.80 m³,大于该区的径流总量,满足海绵城市年径流总量控制率的要求。

通过反推算,可以得出汇水分区一的理论年径流总量控制率约为 70.13%。

4.4 年径流污染控制率分析

同样以汇水分区一为例,参考海绵城市设计规范中海绵设施的污染去除率指标,本项目雨水花园取 70%,调蓄池+高效生态处理器取 80%,通过计算可以得出汇水分区一的理论年径流污染控制率为 49.09%,满足场地年径流污染控制率不小于 45%的要求^[13]。

4.5 综合径流系数达标分析

本项目采取设置雨水调蓄池收集雨水花园无法收集的雨水措施,用于削减径流峰值的调蓄措施。按照《海绵城市建设技术标准》(DG/TJ 08-2298—2019)的规定,当缺乏上下游流量过程线资料时,可采用脱过系数法,按下式计算^[14]:

$$V = \left[- \left(\frac{0.65}{n^{1.2}} + \frac{b}{t} \times \frac{0.5}{n + 0.2} + 1.10 \right) \times \lg(\alpha + 0.3) + \frac{0.215}{n^{0.15}} \right] \times Q_{it}$$

本项目设置调蓄量减排设施有效容积为 690 m³,通过计算,本场地综合径流系数为 0.27,满足场地综合径流系数小于 0.55 的要求。

4.6 雨水资源利用率达标分析

本项目收集的雨水来源于屋面、道路、绿化三个方面。净化后的雨水主要用于场地内的绿化灌溉、道路和地下车库冲洗。其用水量见表 2。

表 2 雨水回用量计算

项目	节水用水定额/ [L·(m ² ·次) ⁻¹]	用水量/m ²	年用水 次数	年用水量/ m ³
道路冲洗	0.5	17 606.31	30	264
绿地浇灌	0.28	20 210.93	150	5 659
地下车库冲洗	2	40 000	30	2 400
合计				8 323

结合上海市降雨资料,通过计算可知本项目年降雨量总量为 44 217 m³,则本项目雨水资源利用率为 18.82%,满足雨水资源利用率不小于 2% 的目标要求。

4.7 雨水排水管网设计重现期不低于 5 年一遇标准分析

根据建筑专业提供的竖向分析图可知,本项目场地内道路地坪设计标高均高于周边市政道路路面标高,且场地内道路坡度整体性坡向周边道路,创造场地泄流洪涝至周边道路的条件。场地内各建筑单体室内地坪标高均按照高于室外道路地坪标高 0.15 m 进行设置,则场地内的建筑单体一层不易导致雨水的漫流进入。

地块内雨水排水管网按照 5 年一遇重现期进行暴雨设计,在地下车库出入口处等可能造成雨水漫流的地带,设计均设置有雨水横截沟进行拦截。海绵城市工程竣工后,地块内设置的雨水花园及调蓄池等海绵设施可对降雨峰值流量进行削峰,从而提高场地内雨水管网对更高暴雨重现期降雨的收集及排放能力。因此,本项目满足雨水排水管网设计

重现期不低于5年一遇的指标要求。当发生30年一遇及以上特大暴雨时,洪涝可通过道路坡向顺流排放至周边市政道路上进行泄洪,可确保本项目在雨水排放方面的安全^[15]。

5 结 语

本项目算是比较常规的建筑产业园新建工程,考虑到园区内对停车位需求量比较大,且地面无法满足该需求,则该项目的地下室轮廓线范围设置得比较大,以满足园区停车的需求;再加上需满足绿化率统计计算方面的硬性要求,因此地下室轮廓线范围内不宜设置雨水花园等海绵设施。结合项目的实际情况,地下室轮廓线范围区域内的雨水只能通过常规的雨水口进行收集,利用雨水管网进行转输排放。

考虑到利用雨水口收集的雨水,不符合海绵城市的设计要求,达不到海绵城市中的“渗、滞、蓄、净、用”等作用,再加上本项目存在雨水回收利用的设计要求,综合该项目多方面的场地实际因素权衡考量,最终制定出一套较为贴合本项目实际情况的海绵城市设计方案,采用系统治理+生态化处理的手段管控场地内的径流雨水。

在场地地下室轮廓线范围外的绿化内,适当地布置一些雨水花园等类似海绵设施,对项目场地进行点缀,既不影响本项目的绿化率计算要求,又不违背海绵城市的设计要求,还能对场地进行美化,增加海绵设置的多样性与丰富性。利用雨水口收集的雨水,统一通过雨水管网转输进本场地雨水排口前设置的雨水调蓄池内。

进入调蓄池内的雨水,经过雨水提升泵提升至高效生态处理器内,进行统一的净化处理后,则自流进入场地内清水池中,作场地的绿化浇灌、道路冲洗和地下车库冲洗回用收集使用。场地内超量的雨水则通过溢流方式,直接排入市政雨水管网内。这样的处理方式,完美地贴合海绵城市中的“渗、滞、蓄、

净、用、排”等设计核心。

大力开展海绵城市的建设,可有效地保障城市可持续性发展和生态环境良好地运行,对于增强城市韧性具有积极促进作用。海绵城市设计者提出合理的方案,交付施工单位进行现场呈现,最后由管理工作者进行精心管理维护。这三个阶段需完美配合,任一方掉链子,本项目的海绵城市建设都将前功尽弃。海绵城市的建设任重而道远,需每一位海绵城市从业者进一步学习研究和实践总结。

参考文献:

- [1] 张建云,宋晓猛,王国庆,等.变化环境下城市水文学的发展与调整:I.城市水文效应[J].水科学进展,2014,25(4):549-605.
- [2] 刘家宏,王浩,高学睿,等.城市水文学研究综述[J].科学通报,2014,59(36):3581-3590.
- [3] 徐江,邵亦文.韧性城市:应对城市危机的新思路[J].国际城市规划,2015,30(2):1-3.
- [4] 赵晶.城市化背景下的可持续雨洪管理[J].国际城市规划,2012,27(2):114-119.
- [5] GB 50400—2016,建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范[S].
- [6] 张翠.低影响开发雨水系统(海绵城市)的构建[J].居舍,2020(24):3-4;8.
- [7] 沪自贸临管委会<2020>797号.关于印发《临港新片区海绵城市建设管理实施细则(试行)》和《临港新片区海绵城市建设指标体系(试行)》的通知[Z/OL].2020-10-10[2025-05-28].
<https://www.lingang.gov.cn/html/web-site/lg/index/government/file/1481569715948449794.html>.
- [8] 赵林栋.基于生态文明的海绵城市建设研究[D].郑州:郑州大学,2017.
- [9] 杨婧.基于海绵城市背景下居住景观设计研究[D].成都:成都理工大学,2020.
- [10] 李玲.以某小学为例的公建类小区海绵改造工程研究[J].中国给水排水,2017,33(9):118-122.
- [11] 丛志红,陈连波.功能景观雨水花园在城市中的应用前景[J].现代园艺,2014(16):136-137.
- [12] GB 50014—2021,室外排水设计标准[S].
- [13] 中华人民共和国住房和城乡建设部.海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建[Z].北京:中华人民共和国住房和城乡建设部,2014.
- [14] DG/TJ 08-2298—2019,海绵城市建设技术标准[S].
- [15] 聂超,周丹,林韵婕,等.建筑与小区低影响开发设计问题及对策[J].中国给水排水,2020,36(14):6-11;17.