

如何“打破”红线范围,结合红线内外因地制宜进行海绵城市设计 ——以“冰雪之星”项目为例

刘海龙

新疆通艺市政规划设计院(有限公司)上海分公司

DOI:10.32629/btr.v3i2.2915

[摘要] “冰雪之星”地块位于上海市浦东新区临港地区,属于临港地区开发的核心,海绵化设计具有十分重要的意义,本项目硬化面积较大,绿化面积较少,综合径流系数较高,可用于布置绿色海绵设施的绿地面积远不足海绵调蓄量计算下的海绵设施面积,因此海绵设计需寻求突破。项目结合了地块红线外西侧杞青路边约20米宽城市绿化带共同进行海绵城市设计,在红线外20米宽绿化带内布置有生态湿塘,以沟渠等方式将项目地块径流雨水排至湿塘内调蓄处理,达到雨水净化目的,实现海绵设计控制指标。本项目海绵城市设计运用容积法计算出径流控制总量,划分了26个汇水分区,并在每个汇水分区布置了不同的海绵设施。通过设置植草沟、雨水花园、生态湿塘、下凹式绿地等海绵设施控制场地的径流雨量,实现雨水的“渗、滞、蓄、净、用、排”。

[关键词] 突破红线; 海绵化; 容积法; 年径流总量控制率; 末端调蓄; 生态湿塘

1 项目概况

上海“冰雪之星”项目位于上海市浦东新区临港地区,属于临港地区开发的核心区域。东邻海枣路、石榴路,南侧为秋涟河,西近杞青路,北侧为沪城环路。基地建设总用地面积111174.90m²,总建筑面积337957m²,绿化面积约为6974.20m²。基地被银飞路分割为南北二个地块,其中,南地块(22-02地块)建设用地面积21405.60m²,绿地率20%;北地块(19-02地块及20-01地块)建设用地面积89769.30m²,绿地率3%。



“冰雪之星”效果图

2 海绵设计思路分析及雨水管控思路

海绵城市设计首先需分析项目及项目周边地块下垫面情况,南区绿地率约为20%,北区仅为3%,均低于常规建筑绿地情况,在绿地率如此低的情况下雨水径流的消纳需设置雨水调蓄池,但由于室外用地及地下车库面积紧张,跟甲方和当地海绵办沟通,考虑本地块寻求向外突破,地块内绿地为地块内道路及广场雨水服务,屋顶雨水及大面积广场的雨水消纳需突破红线结合周边地块统筹进行海绵城市设计。

雨水管控手段一: 增加透水面积。部分广场及道路采用透水铺装,降低场地地表径流,临港地区不仅降雨大且入渗率非常低,在透水铺装基层中铺设排水盲管,保证下渗的雨水及时排除,提升游客游玩体验感。

雨水管控手段二: 基地道路周边绿地内布置绿色海绵设施。道路周边绿地内布置有下凹式绿地和雨水花园,道路与绿地交接侧石采用平侧石或立侧石开孔设置,便于雨水直接漫流进入绿地内。本次雨水花园布置的位置主要集中在基地主出入口两侧绿地内及南北区地块靠近银飞路一侧绿化带内,布置在主出入口绿化带内主要海绵功能性及景观展示效果,便于展示及提升景观效果;银飞路位于项目地块南北之间,海绵设计需要和银飞路海绵设计统筹考虑。

海绵设计考虑承接银飞路道路雨水,机动车道及非机动车道雨水通过非机动车道侧石开孔利用沟渠排入设置在人行道外侧雨水花园(位于本项目红线内),人行道坡向外侧绿地雨水可自然漫流进入绿地内海绵设计,考虑到承接道路雨水标高上限制较大,在靠近南北区银飞路侧绿化内均采用雨水花园布置,雨水花园下凹深度大于下凹式绿地,单位面积调蓄量大于下凹式绿地,在有限的空间内可以调蓄更多的雨水。雨水花园相对于周边绿地下凹深度250mm,蓄土层200mm,50mm安全高度,种植土层300mm,粗砂层200mm,粗砂层内铺设水引管用于将下渗雨水快速排出。雨水花园内设置有溢流井,承接了银飞路雨水的雨水花园溢流井内设置的雨水管直接接入银飞路雨水管网,道路雨水不再进入本项目雨水管网。

雨水管控手段三: 设置蓄水池收集部分屋面雨水。结合绿建需求设置的雨水调蓄池,海绵设计充分利用蓄水池的作用,使部分内排雨水通过管网进入雨水调蓄池。

雨水管控手段四: 设置雨水湿塘收集屋面雨水及大部分硬质广场雨水。本项目建筑屋面雨水基本为内排水,内排水雨水无法断接排入绿地内,且建筑屋面面积较大雨水径流较大,考虑设置雨水湿塘消纳基地内大部分屋面雨水,通过雨水管基暗沟等方式接入雨水湿塘。

湿塘容积可分为永久容积和调蓄容积两部分,本项目永久容积0.5m,调蓄容积0.5m,常水位及调蓄水位标高根据接入自然水体(秋涟河)常水位确定。

秋涟河水位可以进行人工调控,常水位一般控制在2.5m~2.8m,河道高水位为3.30m,常水位为2.70m,枯水位为1.70m。

本项目雨水湿塘设计常水位标高:3.00m,调蓄水位标高3.50m,湿塘分为前置塘及主塘,前置塘设置有300mm厚存泥区。

南区湿塘收集雨水为:度假酒店塔楼及裙房屋面雨水,部分道路雨水。

北区湿塘收集雨水为：滑雪场、水乐园，度假酒店屋面雨水、中央广场路面雨水及部分道路雨水。

湿塘布置在项目地块西侧城市绿化带内，屋面雨水通过雨水立管排入设置在基地内的排水暗沟内，排水暗沟规格根据承受排水面积水力计算确定，满足5年重现期去设计标准，排水暗沟配筋根据场地需承受荷载确定，排水暗沟接入湿塘出设置有石笼驳岸，用于雨水消能及防冲刷，湿塘边坡坡度1:3。南北区湿塘通过雨水管连通，雨水连通管排水能力满足北区湿塘承受排水面积5年重现期设计标准。湿塘最南端设置有溢流及排水装置，调蓄水量在24小时内排空，排空管标高约3.00mm左右高于秋涟河水位，保证了秋涟河水不会倒灌进入湿塘内。考虑到长时间没有降雨及湿塘雨水政法情况，在湿塘末端设置有补水装置，保证了湿塘永久容积内一直水存储同时也保证了湿塘的景观效果。

3 项目海绵设计难点

- 难点一：硬化面积大，项目建筑及硬质广场占比大，综合径流系数较高。
- 难点二：绿化面积较少，且部分位于地下室顶板，覆土不足以布置绿色海绵设施。
- 难点三：根据项目及银飞路建设规划，银飞路海绵设计需要和项目统一考虑。

难点四：雨水湿塘设计常水位等数据受限于自然水体秋涟河常水位，对屋面雨水出户管标高及整个场地汇入湿塘的管渠标高有很大限制。

4 海绵设计

4.1 设计目标

本次海绵设计年径流控制率目标：80%，年径流污染物去除率：50%；同时满足5年一遇不积水，100年一遇不内涝，下凹绿地率≥10%，雨水资源利用率≥5%。

4.2 海绵城市设计内容

海绵城市设计内容为地块内海绵设施布置，场地雨水排水系统设计，海绵设施渗透排放系统设计，海绵设施溢流系统设计。

根据场地区域及项目自身的特点，考虑项目海绵设计难点，本项目重点采用“渗、净、蓄、用”的海绵技术设施。涵盖下凹式绿地、雨水花园、透水铺装、调蓄池、雨水湿塘、植草沟等不同类型的海绵设施进行雨水径流的源头净化、源头滞蓄、削减和资源利用，注重源头径流控制、排水管路标准的提高。整体场地的雨水排放管网的设计，结合场地自然特征，根据汇水分区划分，充分考虑各个海绵设施溢流系统，达到场区内小雨不积水，大雨不内涝的目的。

根基场地内竖向布置合理划分出汇水分区，对每个汇水分区内下垫面进行分析，计算出每个汇水分区所需调控的雨水量，即汇水分区内海绵设施所需调控雨量，再根据每个汇水分区不同情况因地制宜布置各个海绵设施。海绵设施的选择布置应符合“先绿色后灰色，先自然后人工”原则。

4.3 相关设计计算

4.3.1 年径流总量控制率

表1 上海市临港地区年径流总量控制率与设计降雨量关系

年径流总量控制率(%)	60	65	70	75	80	85
设计降雨量(mm)	13.73	16.09	18.95	22.44	26.87	32.96

本项目年径流总量控制率为80%，对应的设计降雨量为26.87mm。

4.3.2 暴雨强度公式：

$$q = \frac{1600 \times (1 + 0.846 \lg P)}{(t + 7)^{0.656}}$$

式中：设计重现期5a，降雨历时15min

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)》，海绵城市设施调蓄容积采用容积法进行计算：

$$V = 10H \Phi F$$

式中：V——设计调蓄容积(m³)；

H——设计降雨量(mm)；

Φ——综合雨量径流系数；

F——汇水面积(hm²)。

对于顶部和结构内部有蓄水空间的渗透设施，渗透量计算方法如下：

$$W = \beta K J A_s T_s$$

式中：W—渗透设施渗透量(m³)；

A_s—有效渗透面积(m²)；

β—安全系数，取1；

K—土壤入渗率，取100mm/h；

J—水力坡降，取1.0；

T_s—渗透时间，取2h。

4.3.3 设计参数选取

综合雨量径流系数。参照《海绵城市建设技术指南(试行)》，采用加权平均法计算场地的综合雨量径流系数 ψ_{平均}：

$$\psi_{平均} = (F_1 \psi_1 + F_2 \psi_2 + \dots + F_n \psi_n) / F_{总}$$

式中：F_n—下垫面汇水面积(m²)

ψ_n—下垫面径流系数

海绵设施调蓄容积=顶部滞蓄层体积+渗透设施渗透体积；

本项目雨水花园顶部调蓄深度设置为：200mm，下凹式绿地：100mm；

海绵设施单位面积调蓄水量：①雨水花园：0.4m³，②下凹式绿地：0.3m³，③蓄水池：1m³，④雨水湿塘：0.5m³。

表2 下垫面径流系数取值表

下垫面类型	绿地	硬质路面/广场	硬质屋面	透水铺装	水体
径流系数	0.15	0.90	0.90	0.20	1

表3 设施污染物去除率取值表

设施名称	雨水花园	下沉式绿地	雨水湿塘	调蓄池
污染物去除率	80%	80%	70%	80%

下面将项目分为南北区两个地块分别进行计算分析：

表4 南区综合径流系数计算表

汇水部位	面积(m²)	下垫面种类	雨量径流系数
绿地	5875.30	绿地	0.15
建筑	6900.6	硬质屋面	0.90
透水铺装	4190.20	透水沥青	0.20
	160	透水砖	0.20
道路/广场	232	硬质道路/广场	0.15
水体	232	水面	1
合计	20749	综合径流系数	0.54

由上表得，南区汇水面积为20749m²，综合径流系数为0.54；在年径流总量控制率为80%(对应降雨量为26.87mm)时，南区径流总雨量为

302.07m³。

南区共划分12个汇水分区进行计算,并在每个分区内布置海绵设施,分析核算汇水分区达标情况。计算表详见表-5。

表5 南区汇水分区年径流总量控制率与年污染物去除率计算表

汇水分区	汇水面积(m ²)	综合径流系数	降雨量(mm)	径流总量(m ³)	雨水花园(m ²)	下凹绿地(m ²)	生态湿塘(m ²)	调蓄池(m ³)	控制雨量(m ³)	年径流总量控制率(%)	年污染物去除率(%)
S1	2446	0.36	26.87	23.46	60	0	0.00	0	24.00	80.00	64.00
S2	1159	0.20	26.87	6.10	16	0	0.00	0	6.40	80.00	64.00
S3	1161	0.28	26.87	8.80	0	30	0.00	0	9.00	80.00	56.00
S4	3666	0.68	26.87	66.98	168	0	0.00	0	67.20	80.00	64.00
S5	3267	0.90	26.87	79.01	0	0	0.00	20	20.00	46.70	37.40
S6	565	0.17	26.87	2.52	7	0	0.00	0	2.80	80.00	64.00
S7	762	0.19	26.87	3.87	0	40	0.00	0	12.00	80.00	56.00
S8	1589	0.18	26.87	7.69	20	0	0.00	0	8.00	80.00	64.00
S9	168	0.18	26.87	0.82	0	20	0.00	0	6.00	80.00	56.00
S10	168	0.18	26.87	0.82	0	20	0.00	0	6.00	80.00	56.00
S11	1312	0.90	26.87	31.73	0	0	31.73	0	31.73	80.00	52.00
S12	4486	0.58	26.87	70.27	0	0	70.27	0	70.27	80.00	52.00
合计	20749	0.54		302.07	271	110	102.00	20	263.40	76.10	55.50

经计算：南区海绵设施总调蓄量为263.40m³小于南区径流总雨量为302.07m³,S5汇水分区由于条件限制,年径总量控制率仅能做到46.7%,综合上南区年径流总量控制率经加权平均计算：76.10%。

北区共划分14个汇水分区进行计算,并在每个分区内布置海绵设施,分析核算汇水分区达标情况。计算表详见表-6。

表6 北区综合径流系数计算表

汇水部位	面积(m ²)	下垫面种类	雨量径流系数
绿地	8444	绿地	0.15
建筑	59524	硬质屋面	0.90
透水铺装	1160	透水砖	0.20
道路/广场	22967	硬质道路/广场	0.15
合计	92095	综合径流系数	0.82

注：北区滑雪场屋面部分位于用地红线外,故下垫面面积大于北区用地面积。

由上表得,北区汇水面积为92095m²,综合径流系数为0.82。

对北区共划分14个汇水分区进行计算,并在每个分区内布置海绵设施,分析核算汇水分区达标情况。计算表详见表-7。

表7 北区汇水分区年径流总量控制率与年污染物去除率计算表

汇水分区	汇水面积(m ²)	综合径流系数	雨水花园(m ²)	生态湿塘(m ²)	调蓄池(m ³)	控制雨量(m ³)	降雨量(mm)	年径流总量控制率(%)	年污染物去除率(%)
S1	1480	0.69	0	20	0	20.00	19.59	71.00	46.20
S2	2298	0.62	69	0	0	27.60	19.37	70.70	56.60
S3	19507	0.72	0	210	0	210.00	14.95	62.70	40.80
S4	12263	0.90	0	215	0	215.00	19.48	70.80	46.00
S5	1261	0.90	0	25	0	25.00	22.03	74.50	48.40
S6	17519	0.90	0	300	0	300.00	19.03	70.10	45.60
S7	17031	0.90	0	225	0	225.00	14.68	62.10	40.40
S8	3402	0.67	89	35	0	70.60	20.71	72.70	52.80
S9	1383	0.74	22	30	0	38.80	20.11	71.80	49.10
S10	1198	0.70	68	15	0	42.20	23.59	76.40	57.00
S11	1845	0.69	0	0	25	25.00	19.64	71.10	56.90
S12	9187	0.90	0	0	157	157.00	18.99	70.10	56.10
S13	1837	0.65	76	0	0	30.40	19.45	70.80	56.60
S14	1884	0.59	134	0	0	53.60	19.89	70.50	56.40
合计	92095	0.82	468	1075	182	1440.20	/	67.40	47.20

场地内海绵设施布置综合考虑了下垫面以及场地内竖向排水情况,根据上述表格内海绵设施计算,地块区域内总控制雨量：1440.20m³,场地综合年径流总量控制率达67.40%。年污染物去除率综合达47.20%。

本地块海绵设计,根据项目实际情况对区域内地块进行充分分析,合理划分汇水区域,合理利用地块内绿化及地块外公共绿化带布置海绵设施,与海绵办沟通“不为指标”轮,打破红线束缚,使年径流总量控制率和年径流污染物去除率达到合理水平。

5 结语

本次项目海绵设计结合了地块西侧绿化带及南北地块之间市政道路(银飞路)统筹进行海绵设计,符合海绵城市上位规划精神,避免海绵设计碎片化,应统筹考虑,系统设计原则。海绵设计需要根据项目实际情况因地制宜进行设计,本项目主要利用屋面雨水进入雨水湿塘进行调控、净化,雨水湿塘可有效削减污染物,并具有一定的径流总量和峰值流量控制效果。

[参考文献]

- [1]刘明.海绵城市设计要点实践研究[J].智能建筑与智慧城市,2020,(01):91-93.
- [2]顾国香.“海绵城市”理念在建筑设计中的运用[J].住宅与房地产,2019,(34):63.
- [3]刘清颖,马江萍.海绵城市建设下城市公园景观设计——以上海为例[J].科技通报,2020,36(02):80-83.