

# 基于系统化的老旧小区海绵化改造工程精细化设计案例

黄开, 赵赛, 赵荣, 李世峰, 潘瞳, 石庆伟  
(上海市市政工程设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200092)

**摘要:** 在青岛市湖畔雅居和石沟社区老旧小区海绵化改造工程中,对当地集中短历时强降雨的气象条件,丘陵地形起伏大、局部易积水的地形以及地下水位低、土壤渗透性好的地质等特点进行了精细化分析,对径流控制、污染物负荷削减、管网排放能力、山洪控制、雨水利用、内涝防治等进行了精细化计算与设计,同时引入“微分区”概念精细化校核各LID及所在的微分区的蓄水能力与实际蓄水量,实行串联转输流量、相邻分区消纳,以避免出现低效率甚至无效率的海绵设施,系统地将保障水安全、改善水环境、修复水生态、涵养水资源、提升水景观结合为一个整体,并强化设计“渗、蓄、排”的透水混凝土路面、雨水调蓄池、旱溪、砾石沟等海绵措施,配置了耐旱、耐湿、耐阴、耐污染而且科学、生态、富有观赏性的植物。基于精细化设计,该工程实际运行效果良好。

**关键词:** 老旧小区; 海绵化改造; 微分区

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)08-0069-08

## Refined Design Cases of Sponge Reconstruction Project in Old Residential Communities Based on Systematization

HUANG Kai, ZHAO Sai, ZHAO Rong, LI Shi-feng, PAN Tong, SHI Qing-wei  
(Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

**Abstract:** During the sponge city construction in the Hupanyaju and Shigou communities, the characteristics of concentrated short-duration rainfall, the hilly terrain with ponding easily and the low groundwater level with good soil permeability were analyzed. The capture ratio of annual rainfall, pollutant load reduction, discharge capacity of pipeline network, control of mountain torrents, rainwater utilization and the prevention and control of water logging were calculated and designed. The concept of “micro-partitioning” was introduced, and the water storage capacity and actual water storage capacity of each LID and micro-partition were checked with refinement. The adjacent partitions were connected in series to avoid the low-efficiency or inefficiency of sponge facilities. Some aspects including the water security, water environment improvement, water ecology restoration, water resources conservation and water landscape upgrading were combined into a whole system. The measures of pervious concrete pavement, rainwater storage tank, dry stream and gravel grooves were strengthened. And then, plants that were drought-resistant, moisture-resistant, shade-resistant, pollution-resistant, scientific, ecological and ornamental were added. Based on the refined design, this project got a good performance.

**Key words:** old residential communities; sponge reconstruction project; micro-partitioning

### 1 项目概况

湖畔雅居与石沟社区老旧小区海绵化改造工程

是青岛市海绵城市建设试点重点示范项目。湖畔雅居建成于2011年,石沟社区建成于2009年;工程位

于文昌路东侧,东侧毗邻老虎山山体;小区共17个楼座64个单元,1704户;老虎山山体 $20\text{ hm}^2$ 雨水汇入该小区形成积水。通过小区海绵城市改造,达到保障水安全、改善水环境、修复水生态、涵养水资源、提升水景观的目的。工程投资约1500万元。

## 2 气象、地形与地质及现状分析

### 2.1 气象、地形与地质分析

青岛市属于资源型与水质型双重缺水地区,年降水量平均为775.6 mm,春、夏、秋、冬四季雨量分别占全年降水量的14%、57%、22%、7%,而且多为短历时强降雨。该小区属于典型的丘陵地带,地形起伏较大、局部低洼易积水。该小区地下素填土厚2 m,透水性好,下层粉性黏土约2 m,透水性差,地下5 m内未见地下水;根据区域调查资料,区域内稳定地下水位埋深在0.90~7.40 m,年变幅1~2 m,地下水位以上土层属强透水层。

### 2.2 现状存在问题分析

#### ① 竖向与排水系统

区域现状竖向和排水系统见图1。

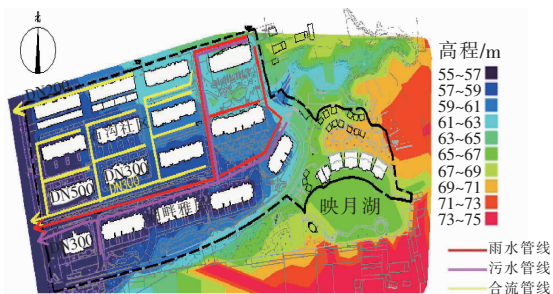


图1 小区现状竖向和排水系统

Fig.1 Current vertical and drainage system diagram of the community

石沟社区南北高差为2.5 m,东西高差为2.5 m,道路纵坡平均为1.3%。地势高差较大,由东往西排入主路最后汇集于西南侧的低点。湖畔雅居东西高差为14.23 m,南北高差为1 m左右,车库顶部覆土较浅,致使休闲广场的标高高于建筑1.5~2.0 m,本地块地形错综复杂,西部片区绿地高于大部分铺装,1号楼场地围墙内外高差为3 m。小区大体分石沟社区和湖畔雅居两个排水分区,雨污分流不彻底,石沟社区为合流制,而且雨水管网标准偏低,最终以DN200、DN300两根合流管线自东向西去文昌路市政污水主管线;湖畔雅居为分流制,最终以DN500雨水、DN300污水管线自东向西分别去文昌

路市政雨、污水主管线。小区部分阳台洗衣废水接入雨水管道,存在混接现象;小区屋面雨水均直接接入小区排水管道或顺雨落管散排至地面,地面排水为散排和部分零散的钢筋混凝土雨水算子,另外雨水算子破坏或缺失、管道破损、管道淤堵较严重。

#### ② 下垫面分析

该小区总占地为 $55\,727\text{ m}^2$ ,其中建筑占地面积为 $13\,574\text{ m}^2$ ,绿地面积为 $17\,297\text{ m}^2$ ,地坪为 $24\,856\text{ m}^2$ ,现状地表综合径流系数为0.624,建筑较为密集;仅旱溪具有一定的调蓄、下渗功能,径流控制率及SS去除率有限;不透水铺装面积较大,道路多为沥青、水泥路面,铺装主要为荷兰砖等,存在多处破损情况;绿地四周界石高于地面,雨水无法进入绿地。

现状下垫面径流系数计算见表1。

表1 现状下垫面径流系数计算结果

Tab.1 Calculation results of runoff coefficient of underlying surface

项 目	类型	径流系数	面积/ $\text{m}^2$	占比/%
总占地		0.624	55 727	100
建筑占地	硬屋面	0.85	13 574	24.40
沥青铺装	不透水路面	0.85	2 406	4.30
水泥铺装	不透水路面	0.85	12 507	22.40
荷兰砖铺装	不透水路面	0.85	8 265	14.80
花岗岩块石铺装	不透水路面	0.85	922	1.70
旱溪	绿地	0.15	385	0.70
绿化	绿地	0.15	17 297	31.00
嵌草砖铺装	透水路面	0.30	371	0.70

#### ③ 山洪与内涝

小区湖畔雅居地块地形低洼,原属于老虎山西侧一雨水冲沟下游,比北侧、东侧、南侧地形低1~5 m,也比西侧文昌路略低,而且雨水管网标准偏低,下雨时涝水不易排出;北侧为石沟社区,东侧为虎山山脉,东侧山体目前无成型的排水规划,东侧南部面积 $26\text{ hm}^2$ 山体雨水汇入映月湖,再通过总长度约316 m、断面 $2\text{ m}\times 1.8\text{ m}$ 、坡度0.9%的排洪渠,沿小区南侧道路向西穿过文昌路进入西侧规划石沟一号排洪渠;东侧北部面积 $20\text{ hm}^2$ 山体雨水沿冲沟直接排入小区湖畔雅居地块内。雨季时路面和建筑积水严重,在一层地下室造成倒灌,居民无法正常出行,造成了严重的水安全隐患。

#### ④ 景观绿化

现状绿化面积相对较小,地面植被较为稀疏,绿

地存在局部裸露土壤,部分景观效果较差。石沟社区植物大部分为小乔木和灌木,长势较好,缺少修剪,乔木主要品种为樱花、玉兰、银杏等,主要灌木品种为大叶黄杨、金叶女贞,种植模式杂乱无章,只有南北主道路两排银杏长势较整齐。湖畔雅居绿化长势较好,苗木品种丰富,为白蜡、雪松、水杉、玉兰、樱花、红枫、紫叶李等乔木,部分绿地出现露土情况。

2.3 问题总结

湖畔雅居受山洪与内涝的影响,水安全隐患较严重;雨污分流不彻底,雨污混接、部分污水及初期雨水污染水环境;硬化屋面与不透水地面造成地表径流未得到有效控制,水生态功能脆弱,也造成雨水下渗困难,而且未得到收集利用,水资源既匮乏又浪费;部分土壤裸露,景观有待提升。

3 设计目标与理念

3.1 设计目标

① 强制性目标:实现雨污分流,雨水通过地表径流组织溢流进入排水管网,同时做好周边山体雨水引流措施;年径流总量控制率需达到75%以上,对应设计降雨量为27.4 mm,目标面源污染削减率为57%;实现改造后地块不存在内涝积水;加强雨水资源化利用。

② 引导性目标:地块透水铺装率不低于40%;下沉式绿地率不低于30%,下沉深度一般为100~200 mm;生物滞留设施率不低于6%;生物滞留设施的蓄水层深度应根据植物耐淹性能和土壤渗透性能来确定,一般为200~300 mm。

3.2 设计理念

① 系统化思维:采取“渗、滞、蓄、净、用、排”六种技术措施,将保障水安全、改善水环境、修复水生态、涵养水资源、提升水景观五个方面有机结合。

② 精细化设计:充分利用现有旱溪、排洪沟、大的乔木等设施并优化完善,兼顾社区诉求进行精细化方案比选、精细化计算、精细化设计、施工过程中精细化优化完善以及对精细化运行提供便利等。

4 海绵城市设计

4.1 总体方案

① LID及相关设施选择

LID及相关强化设施选择见表2。

表2 LID及相关设施选择

Tab.2 LID and associated facilities selection

功能	一般LID及相关设施	强化LID及相关设施
渗	透水铺装、生态停车位、下沉式绿地、雨水花园、植草沟	透水混凝土路面、旱溪
滞	下沉式绿地、雨水花园、植草沟、旱溪	—
蓄	下沉式绿地、雨水花园、植草沟、旱溪	雨水罐、雨水调蓄池
净	雨污分流、弃流井、下沉式绿地、雨水花园、植草沟、旱溪	—
用	浇洒绿化、小区道路等	泵出口与灌溉管线连接
排	雨水管线、雨篦箕、截水沟、截洪沟	旱溪、砾石沟、建筑散水

② 汇水技术路线

汇水技术路线见图2。

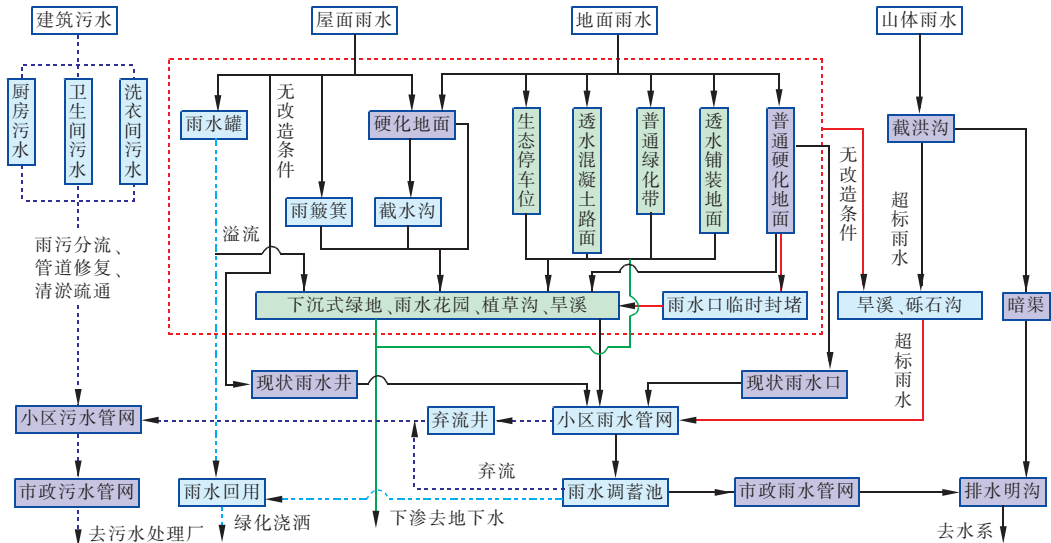


图2 汇水技术路线

Fig.2 Technology roadmap of water catchment



汇水路线分污水和雨水,污水包括截污和初期雨水弃流,雨水分为小区雨水排放和山体客水排放。小区雨水包括现状绿地直接下渗、外排或导入改造后的 LID 设施下渗、滞留后溢流外排或调蓄利用;山体客水经截洪沟(管)导入现状排洪暗渠排放。小区超标雨水和超标山体客水通过小区管渠及调蓄池进入现状排洪暗渠排放。

③ 汇水分区、地表径流与雨水排放

结合小区现状地形及现有雨水管网,根据区域内下垫面组成、竖向标高等,将整个小区划分为 22 个汇水分区。石沟社区地表径流由东向西趋势就近汇入 LID 及相关设施,最终通过由东向西的雨水管线排向西侧文昌路上的市政雨水管网;湖畔雅居地表径流先由北向南再向西的趋势就近汇入 LID 及相关设施,最终通过由北向南再向西的雨水管线排向西侧文昌路上的市政雨水管网。地表径流、汇水分区及雨水管线系统见图 3。



图3 汇水分区和雨水系统

Fig. 3 Drawing of catchment area and rainwater system

④ LID 及相关设施平面布局

石沟社区除下沉绿地、雨水花园等外,设置较大面积的透水混凝土和铺装;湖畔雅居除下沉绿地、雨水花园等外,排、蓄的措施设置较多,如截洪管渠、砾石沟、旱溪、调蓄池等,LID 及相关设施平面布局见图 4。

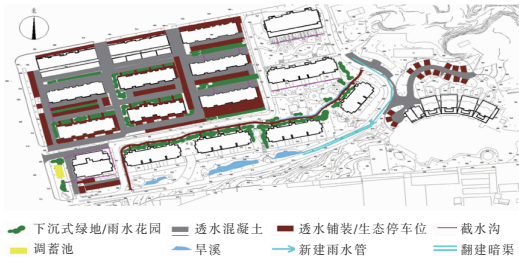


图4 LID 及相关设施总平面布局

Fig. 4 General layout of LID and associated facilities

4.2 指标计算

① 年径流总量控制率和污染物 SS 削减率

LID 及相关设施蓄水量、年径流总量控制率采用容积法进行计算,其中生态停车位、透水混凝土包含在透水铺装项目中,植草沟、旱溪在下沉绿地项目中,雨水花园根据蓄水深度不同分成两类。通过计算改造后地表综合径流系数为 0.48,总蓄水量为 756.3 m<sup>3</sup>;年径流总量控制率为 75.91%,大于控制目标(75%);改造后能够承担降雨量为 28.37 mm,大于设计降雨量(27.4 mm)。

详细计算见表 3。

表3 年径流总量控制率和污染物 SS 削减率计算结果

Tab. 3 Calculation results of the capture ratio of annual rainfall and reduction rate of pollutant SS

雨水分区	改造后下垫面分析									改造后综合径流系数	调蓄设施调蓄水量/m <sup>3</sup>	改造后能够承担的降雨量/mm	改造后年径流总量控制率/%	改造后 SS 削减率/%
	下垫面类型	下沉式绿地	雨水花园 1	雨水花园 2	透水铺装(混凝土)	原状绿化	建筑屋面	不透水路面	合计					
	径流系数	0.15	0.15	0.15	0.30	0.15	0.85	0.85	—					
一	面积/m <sup>2</sup>	88.9	16.7	0	1 546.6	50.6	1 250.0	400.2	3 353.0	0.56	1.5	10.5	47.6	37.7
	蓄水量/m <sup>3</sup>	13.3	5.0	0	0	0	0	0	18.3					
二	面积/m <sup>2</sup>	108.6	24	16.7	1 409.8	52.3	1 280.0	235.6	3 127	0.56	—	16.9	61.2	45.6
	蓄水量/m <sup>3</sup>	16.3	7.2	5.8	0	0	0	0	29.3					
三	面积/m <sup>2</sup>	1 611	34	0	1 424.9	148.5	983.0	160.6	2 912.0	0.50	1.5	24.7	72.2	55.2
	蓄水量/m <sup>3</sup>	24.2	10.2	0	0	0	0	0	34.4					
四	面积/m <sup>2</sup>	186.8	79.9	13.6	1 287.3	150.9	698.0	304.5	2 721.0	0.48	—	43.6	85.8	64.4
	蓄水量/m <sup>3</sup>	28	24	4.8	0	0	0	0	56.8					
五	面积/m <sup>2</sup>	127.2	49.4	48.0	1 357.5	104.9	662.0	111.0	2 460.0	0.45	—	45.8	86.9	66.2
	蓄水量/m <sup>3</sup>	19.1	14.8	16.8	0	0	0	0	50.7					

续表3 (Continued)

雨水分区	改造后下垫面分析									改造后综合径流系数	调蓄设施调蓄水量/ m <sup>3</sup>	改造后能够承担的降雨量/ mm	改造后年径流总量控制率/ %	改造后SS削减率/ %
	下垫面类型	下沉式绿地	雨水花园1	雨水花园2	透水铺装(混凝土)	原状绿化	建筑屋面	不透水路面	合计					
	径流系数	0.15	0.15	0.15	0.30	0.15	0.85	0.85	—					
六	面积/m <sup>2</sup>	199.9	33.1	0	1 207.9	170.6	648.0	64.5	2 324.0	0.44	—	38.8	83.3	60.4
	蓄水量/m <sup>3</sup>	30.0	9.9	0	0	0	0	0	39.9					
七	面积/m <sup>2</sup>	0	10.0	0	769.3	34.3	334.0	153.4	1 301.0	0.50	1.5	6.9	36.1	43.3
	蓄水量/m <sup>3</sup>	0	3.0	0	0	0	0	0	3.0					
八	面积/m <sup>2</sup>	0	38.6	25.4	862.3	66.5	328.0	96.2	1 471.0	0.45	1.5	34.6	80.8	69.4
	蓄水量/m <sup>3</sup>	0	11.6	8.9	0	0	0	0	20.5					
九	面积/m <sup>2</sup>	115.8	0	20.3	700.0	107.8	328.0	44.1	1 316.0	0.43	1.5	46.4	85.1	66.2
	蓄水量/m <sup>3</sup>	17.4	0	7.1	0	0	0	0	24.5					
十	面积/m <sup>2</sup>	0	52.6	0	504.3	274.8	464.0	207.6	1 503.3	0.51	180	20.5	66.8	53.4
	蓄水量/m <sup>3</sup>	0	15.8	0	0	0	0	0	15.8					
十一	面积/m <sup>2</sup>	0	40.1	0	582.0	691.1	306.3	648.8	2 268.2	0.50	—	10.6	47.1	38.8
	蓄水量/m <sup>3</sup>	0	12.0	0	0	0	0	0	12.0					
十二	面积/m <sup>2</sup>	92.0	84.4	0	161.5	532.2	354.6	364.6	1 589.3	0.48	—	51.1	88.3	67.5
	蓄水量/m <sup>3</sup>	13.8	25.3	0	0	0	0	0	39.1					
十三	面积/m <sup>2</sup>	58.4	0	0	60.0	1 500.3	350.7	648.0	2 617.4	0.42	—	8.0	40.0	28.0
	蓄水量/m <sup>3</sup>	8.8	0	0	0	0	0	0	8.8					
十四	面积/m <sup>2</sup>	224.5	36.0	0	149.4	481.0	341.0	364.3	1 596.2	0.47	—	58.9	91.1	66.0
	蓄水量/m <sup>3</sup>	33.7	10.8	0	0	0	0	0	44.5					
十五	面积/m <sup>2</sup>	230.6	0	0	0	971.5	362.8	954.3	2 519.2	0.52	—	26.6	74.2	52.0
	蓄水量/m <sup>3</sup>	34.6	0	0	0	0	0	0	34.6					
十六	面积/m <sup>2</sup>	100.0	167.0	0	199.1	1 558.5	554.1	584.1	3 162.8	0.42	—	48.8	88.1	68.7
	蓄水量/m <sup>3</sup>	15.0	50.1	0	0	0	0	0	65.1					
十七	面积/m <sup>2</sup>	136.9	24.0	0	0	888.2	361.7	1 016.7	2 427.5	0.55	—	20.9	67.8	49.2
	蓄水量/m <sup>3</sup>	20.5	7.2	0	0	0	0	0	27.7					
十八	面积/m <sup>2</sup>	89.0	102.0	0	121.7	828.2	473.0	682.5	2 296.3	0.51	—	37.3	82.5	63.1
	蓄水量/m <sup>3</sup>	13.4	30.6	0	0	0	0	0	44.0					
十九	面积/m <sup>2</sup>	0	0	0	0	633.9	267.0	432.8	1 333.7	0.52	—	0	0	0
二十	面积/m <sup>2</sup>	0	0	0	1 779.7	4 032.9	1 790.2	69.0	7 671.8	0.36	—	0	0	0
二十一	面积/m <sup>2</sup>	0	0	0	0	420.1	371.4	664.6	1 456.1	0.65	—	0	0	0
二十二	面积/m <sup>2</sup>	0	0	0	0	1 923.7	1 066.2	1 364.3	4 354.2	0.54	—	0	0	0
总计	面积/m <sup>2</sup>	1 919.7	791.8	124.0	14 123	15 623	13 574	9 571.6	55 727	0.48	187.5	28.37	75.91	57.84
	蓄水量/m <sup>3</sup>	287.9	237.5	43.4	0	0	0	0	568.8					

受分区用地类型和现状条件的限制,部分分区不具备建设条件,LID设施径流控制量不能满足控制要求,需要在分区之间连通进行整体协调<sup>[1]</sup>,最终达到整个项目径流控制率的要求。污染物SS削减率计算选取下沉式绿地为70%、雨水花园为80%、调蓄池为80%,经加权计算污染物SS削减率为57.84%,大于目标(57%)。详细计算结果如表3所示。

## ② 微分区径流控制计算

为了保证每个LID单体充分发挥作用,避免出现低效率甚至无效率的LID单体,对每个分区中的LID单体进行汇水微分区划分,并对蓄水能力与实际蓄水量进行校核计算。

以十四分区为例,按照设置的5个下沉式绿地划分为5个汇水微分区(见图5);下沉式绿地主要收集屋面雨水和部分道路雨水,一部分道路雨水无

法进入海绵设施而流入下一汇水分区内,项目总体计算中十四分区的控制率为 91.1%,对应的降雨量为 58.9 mm,蓄水能力与实际蓄水量详细复核计算见表 4。

通过计算,各微分区之间受现状条件影响径流控制不平衡,各微分区 LID 之间也需串联转输流量在相邻分区消纳,最终达到十四分区径流控制率的要求。

表 4 微分区汇水面积和实际蓄水量计算结果

Tab. 4 Calculation results of catchment area and actual water storage in micro-partitioning

编号	自身汇水面积/ $\text{m}^2$		转输面积/ $\text{m}^2$				无法汇入面积/ $\text{m}^2$		LID 自身蓄水量/ $\text{m}^3$	转输面积蓄水量/ $\text{m}^3$	实际最大蓄水量/ $\text{m}^3$	设计蓄水能力/ $\text{m}^3$
	下沉式绿地	雨水花园	原状绿地	透水铺装	建筑屋面	不透水路面	原状绿地	不透水路面				
①	56.5		41.6	32.1	50.5	41.4	221.5	162.7	0.50	5.54	6.03	8.48
②	63.0		51.3	45.2	119.0	39.8			0.56	9.20	9.76	9.45
③	64.0		74.8	42.5	122.0	57.2			0.57	10.38	10.95	9.60
④		36.0	50.1	29.6	0	63.2			0.32	4.13	4.45	10.80
⑤	41.0		41.8	0	49.5	0			0.36	2.85	3.21	6.15
总计	224.5	36.0	259.5	149.4	341.0	201.6	221.5	162.7	2.30	32.10	34.40	44.48

### ③ 雨水排放与内涝防治校核

雨水管线保留现状,进行过水能力复核,地面集水时间  $t_1$  取 5 min;管内水流时间  $t_2$  取 4~6 min,根据青岛市暴雨强度公式,经复核计算,管道过水能力由海绵改造前不足 1 年一遇到海绵改造后可达 3 年一遇。因该小区存在低洼微地形积水现象,需进行内涝防治校核。内涝处积水面积为 1 000  $\text{m}^2$ ,水深为 5 cm,水量为 50  $\text{m}^3$ ;调蓄池及海绵设施调蓄体积为 471.5  $\text{m}^3$ ;雨水管线存水量为 132  $\text{m}^3$ ,合计调蓄水量为 653.5  $\text{m}^3$ ;当重现期  $P=30$  a 时,径流系数 = 0.48,  $V=630.5 \text{ m}^3 < 653.5 \text{ m}^3$ ,满足内涝防治设计重现期 30 年的要求。

### ④ 山洪计算

山洪分流及管渠系统见图 6。

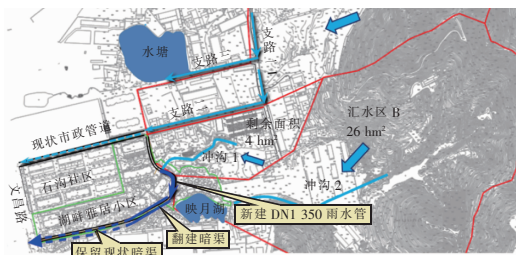


图 6 山洪分流及管渠系统

Fig. 6 Layout of flood diversion and channel system



图 5 汇水微分区及相关设施平面布局

Fig. 5 Layout of catchment micro-partitioning and facilities

山洪通过系统化分流后 4  $\text{hm}^2$  山体雨水汇入湖畔雅居,通过计算在现状冲沟下游设置 DN1 350 截流雨水管,将山洪转输至部分翻建和部分现状 2 m  $\times$  1.8 m 暗渠,可以满足汇水范围内  $P=50$  a 一遇暴雨的总过流能力。

### ⑤ 雨水利用计算

蓄水池共 180  $\text{m}^3$ ,回用量为 824  $\text{m}^3$ ,根据年平均降水量为 22 715  $\text{m}^3$ ,可得雨水回用率为 3.6%,符合目标中加强雨水资源化利用的要求。

## 4.3 SWMM 模型校核

本次模拟区域共 22 个雨水汇水子分区,2 个集中排放口,建模平面图见图 7。面源污染物削减率通过 SS 模拟评估。

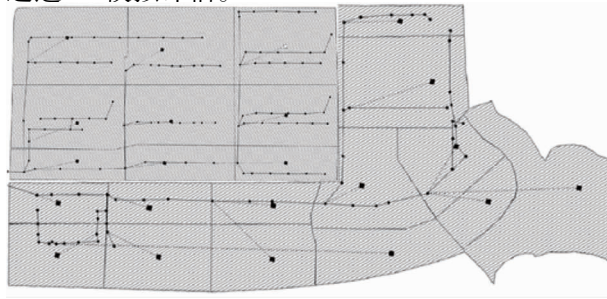


图 7 模型模拟平面

Fig. 7 Model simulation plane



以1年、3年一遇进行评估模拟,改造前、后年径流总量控制率和面源污染SS削减量见表5。

表5 改造前、后年径流总量控制率和面源污染削减量评估对照

Tab.5 Comparison of the capture ratio of annual rainfall and reduction of non-point source pollution before and after the renovation

项目	降雨重现期/a	总降雨量/mm	入渗量/mm	地表径流/mm	地表蓄水/mm	最终地表蓄水/mm	污染物SS总量/kg	SS去除量/kg	地表径流量/kg	剩余累积量/kg	污染物SS削减率/%
改造前	1	37.906	18.457	14.881	4.576		22.659	0	21.805	0.855	
	3	55.938	20.065	29.600	6.292		22.659	0	22.609	0.050	
改造后	1	37.906	13.405	14.545		11.881	27.015	17.702	8.686	0.655	65.53
	3	55.938	13.582	14.240		14.240	27.015	18.137	8.865	0.030	67.14

表5中的数据对比结果表明模拟降雨重现期内,通过LID设施下渗和蓄存的雨水量之和大于27.4mm,方案满足设计要求,污染物削减率均满足57%的设计目标。

4.4 LID及相关设施设计

① 雨污分流设计

石沟社区增设污水管线实现彻底雨污分流,修复和清淤现状管线,改建阳台洗衣废水接入污水管道等错接、混接管线。

② LID单体串联设施

为满足分区之间和微分区各LID之间连通整体协调,超标雨水量在相邻分区转输消纳,最终达到整个项目的径流控制率要求,避免伪海绵或效率低下的LID单体,在石沟社区各分区之间设置植草沟、排水管(沟)等,湖畔雅居各分区之间设置砾石沟、旱溪等,各微分区LID之间设置植草沟或排水暗管等设施。

③ 强化LID及相关设施设计

本项目的下沉式绿地、雨水花园、植草沟、生态停车位、透水铺装、截洪沟等LID设施采用常规做法。

强化“渗、蓄、排”的透水混凝土、旱溪、雨水罐、调蓄池、砾石沟等部分做法略有不同,旱溪尽量保留现状,部分维修更新,调蓄池为了使用寿命和维护管理方便采用传统的钢筋混凝土结构形式,砾石沟采用非生态渗透功能构造,具备转输相邻分区径流量和超标山洪排放两种功能。

雨水导流设施线性截水沟、路缘石豁口、建筑物加做散水、临时封堵雨水口、雨簸箕、排水沟(管)等也采用常规做法。

其中透水混凝土、旱溪、砾石沟的构造大样与实景照片如图8所示。

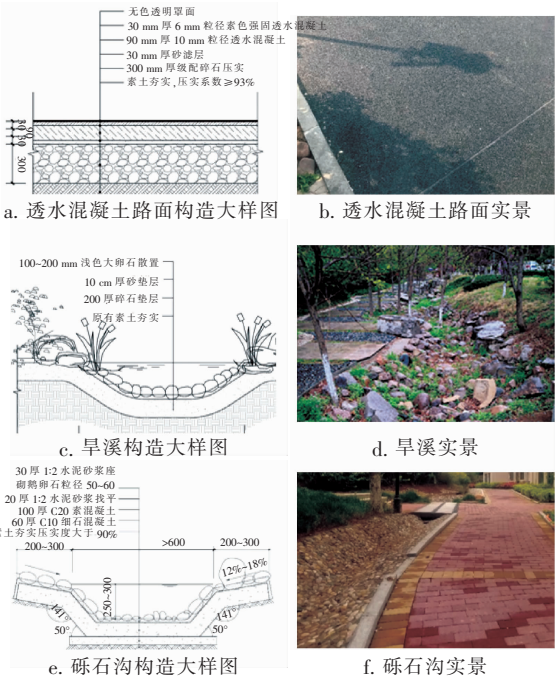


图8 部分强化LID设施大样图

Fig.8 Pictures of part of intensified LID facilities

④ 景观与植物配置

本项目是老旧小区海绵化改造,在景观设计时尽量保留利用现有的乔木和大的灌木,并围绕它们进行景观提升改造设计。在植物配置方面,充分考虑植物的耐旱、耐湿、耐阴、耐污染,同时考虑景观的科学性、生态性和观赏性。下沉式绿地主要保留现状乔灌木,增加柿树、大叶女贞、红宝石海棠、大叶黄杨球、早樱等,主要地被植物选择金森女贞、大叶黄杨、金边黄杨、鸢尾、迎春、马蔺、狼尾草、美人蕉等。雨水花园主要植物选择旱伞草、美人蕉、鸢尾、大花萱草等。植草沟主要选用早熟禾、黑麦草、高羊茅等北方冷季型常绿草坪。

下沉式绿地和雨水花园的景观与种植效果照片如图9所示。

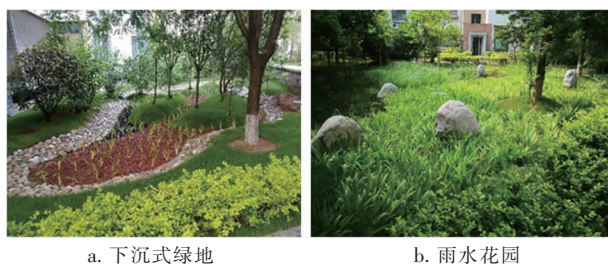


图9 下沉式绿地和雨水花园的景观与种植效果

Fig.9 Landscape and planting effect of sinking greenland and rain gardens

## 5 运行效果

通过一个雨季的运行,山洪与内涝的影响已消除,景观得到极大提升,老百姓的获得感明显增强,通过检测设备的检测分析,雨污分流彻底解决,下水环境得到了明显的改善,年径流总量控制率可以满足75%的要求,小区及周边在旱季时绿化浇洒水源充足。其他还需经历完整一到两个雨季后进一步确认。

## 6 结语与讨论

① 强化针对现状与特点的系统化海绵城市改造方案,将保障水安全、改善水环境、修复水生态、涵养水资源、提升水景观五个方面有机结合为一个整体系统进行设计。

② 针对当地每年集中短历时强降雨的气象特点,丘陵地形起伏大、局部易积水的地形特点以及地下水位低、土壤渗透性好的地质特点,强化“渗、蓄、排”的透水混凝土路面、雨水调蓄池、旱溪、砾石沟、截洪沟等海绵措施。

③ 除对常规的径流控制、污染物负荷削减、管网排放能力、山洪控制、雨水利用等进行精细化计算校核与设计外,针对局部易积水内涝的特点,进行内涝防治的计算与复核;同时引入“微分区”概念进行精细化计算与设计,校核各LID及所在的微分区的蓄水能力与实际蓄水量,并提出串联转输流量、相邻分区消纳,避免出现低效率甚至无效率的海绵设施。

④ 在植物配置方面围绕现有乔木和灌木,充分考虑植物的耐旱、耐湿、耐阴、耐污染,同时考虑景观的科学性、生态性和观赏性等进行精细化设计。

⑤ 关于维护保养的思考:一是引入蚯蚓等软体动物应对土壤有机质含量较高的下沉绿地、雨水花园、生物滞留带等LID在运行过程中出现的板结、淤堵等以致效率降低的问题在理论上是有效的,但是需要实践验证。二是针对透水铺装(混凝土)等长时间后的淤堵现象可以尝试采用工业级的强力吸尘器进行清理。

## 参考文献:

- [1] 刘龙志,文韬,马竞,等. 海绵城市试点山地型校园海绵化改造方法实践[J]. 中国给水排水, 2019, 35(12): 71-76.  
Liu Longzhi, Wen Tao, Ma Jing, et al. Practice of sponge transformation method of mountainous type campus in sponge city [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(12): 71-76 (in Chinese).



作者简介:黄开(1972-),男,湖北大悟人,工程硕士,正高级工程师,设计院总工,研究方向为水处理工程、海绵城市、水环境整治与水生态修复、管线及综合管廊等。

E-mail: huangkai1@smedi.com

收稿日期:2019-09-17