

# 浙江省海绵城市建设典型案例

## ZHEJIANG PROVINCE SPONGE CITY CLASSIC CASES

渗 滞 蓄 净 用 排

内部资料（2019年度第二期）

主办单位：浙江省住房和城乡建设厅

编制单位：浙江省建筑设计研究院

海绵城市设计研究院

## 前 言

自2013年12月12日习近平总书记在《中央城镇化工作会议》的讲话中强调“建设自然存积、自然渗透、自然净化的海绵城市”以来，党中央、国务院高度重视海绵城市建设，《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》（国办发〔2015〕75号）明确了海绵城市建设的定义和内涵，以及具体要求和措施；《国务院关于加强城市基础设施建设的意见》（国发〔2013〕36号）和《国务院办公厅关于做好城市排水防涝设施建设工作的通知》（国办发〔2013〕23号）对有序推进海绵城市建设，有效防治城市内涝、保障城市生态安全等方面取得了积极成效。李克强总理在2017年的政府工作报告中明确了海绵城市的发展方向，让海绵城市建设不仅仅限于试点城市，而是所有城市都应该重视这项“里子工程”。为推进海绵城市建设，住房和城乡建设部在系统总结国内外实践经验的基础上，结合我国实际情况，印发了《海绵城市建设技术指南（试行）》。为了支持海绵城市建设工作，2015年和2016年财政部、住房城乡建设部、水利部开展了中央财政支持海绵城市建设试点工作，分两批支持了北京、上海、天津等30个城市。

近年来，我省积极贯彻落实国办发〔2015〕75号文和省委城市工作会议精神，以及《浙江省人民政府办公厅关于推进全省海绵城市建设的实施意见》（浙政办发〔2016〕98号），结合全省“五水共治”工作以及“山水林田湖草”是一个生命共同体理念，扎实推进全省海绵城市各项建设，嘉兴和宁波分别入选第一和第二批国家海绵城市建设试点城市，2016年绍兴市、衢州市、兰溪市、温岭市被列入省级海绵城市建设试点。通过国家和省级试点工作，强化以点带线、以线带面，经过努力已初步形成我省“国家级试点建设快速推进、省级试点建设稳步推进、其它城市的建设有序推进”的良好局面。海绵城市的建设理念已逐步被全社会广泛接受，社会各界对海绵城市建设的理解、认识和支持也在不断加强。建设海绵城市，任重道远，我们在探索中前行，也在实践中总结。

为贯彻落实省住房和城乡建设厅2018年2月11日下发的《关于开展全省“海绵城市建设精品示范项目”评选工作的通知》（函城字〔2018〕219号）精神，进一步更快、更好地推进我省海绵城市建设，充分发挥示范引领作用，“省海绵城市建设工程技术要点与典型案例课题组”受省住房和城乡建设厅委托，分三年

按季度汇编内刊《浙江省海绵城市建设典型案例》，总结推荐我省城市按照海绵城市建设理念和方法在建筑与小区、城市道路、城市绿地与广场、城市水系等方面的典型案例。案例从现状问题解析、设计思路与方法、工程措施、实施成效等方面进行了较为系统的介绍，这将对我省海绵城市建设顶层设计、行政管理与规划、勘察设计、建设、运维和管理，以及科研教学都有着良好的借鉴和参考价值。

本内刊编撰过程中，得到了浙江省住房和城乡建设厅、各设区市建委（建设局）等单位以及国家、省级海绵城市建设试点城市的大力支持，特此致谢。

限于编者水平有限和海绵城市建设的快速发展，本内刊疏漏乃至错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

课题组

首期创刊于 2018 年 4 月 15 日

## 目 录

<b>一、杭州市上城区小营街道南班巷微更新（海绵试点）项目</b> .....	<b>1</b>
1 基本情况.....	1
1.1 项目概况.....	1
1.2 气候条件.....	2
1.3 场地与排水条件.....	2
1.4 土质与地下水情况.....	3
2 问题与需求分析.....	3
2.1 面源污染.....	3
2.2 排水能力偏低.....	4
2.3 环境提升.....	4
3 建设目标与原则.....	4
3.1 建设目标.....	4
3.2 设计原则.....	5
4 海绵城市设计.....	5
4.1 LID 技术路线.....	5
4.2 设计参数.....	5
4.3 海绵设施选择.....	6
5 海绵城市建设效果.....	9
5.1 建设前后对比.....	9
5.2 模型评估.....	12
5.3 改造前后指标对比.....	15
5.4 经济分析.....	15
6 项目总结.....	15
6.1 项目难点.....	15
6.2 项目设计.....	16
6.3 示范意义.....	16
<b>二、嘉兴市府南花园三区海绵城市建设工程</b> .....	<b>17</b>
1 基本情况.....	18
1.1 项目概况.....	18
1.2 下垫面情况.....	18
1.3 竖向条件与管网情况.....	19
1.4 土壤条件.....	19

2 问题与需求分析.....	19
2.1 排水问题.....	19
2.2 道路设施问题.....	19
2.3 景观问题.....	20
2.4 水环境问题.....	21
3 海绵城市建设目标.....	21
4 海绵城市系统设计.....	21
4.1 技术路线.....	21
4.2 竖向设计.....	22
4.3 汇水分区.....	23
4.4 径流控制量计算.....	23
4.5 总体布局.....	24
4.6 分区详细设计.....	24
4.7 典型设施节点设计.....	28
5 建成效果评价.....	29
5.1 模型模拟.....	29
5.2 监测效果.....	29
5.3 景观效果.....	31
6 项目总结.....	33
6.1 项目难点.....	33
6.2 新材料、新工艺.....	33
6.3 项目施工.....	33
6.4 项目运维.....	33
6.5 项目成效.....	33
6.6 示范意义.....	33
<b>三、台州湾循环经济产业集聚区东部新区公租房项目 .....</b>	<b>34</b>
1 基本情况.....	34
1.1 区位分析.....	34
1.2 场地条件.....	35
1.3 气候条件.....	36
1.4 工程地质条件.....	37
2 问题与需求分析.....	37
2.1 土壤地质渗透性差.....	37
2.2 居住区人居环境需提升.....	37
2.3 需建立雨水回收利用系统.....	37

3 海绵城市建设目标与原则.....	37
3.1 建设目标.....	37
3.2 设计原则.....	38
4 海绵城市建设工程设计方案.....	38
4.1 设计流程.....	38
4.2 设计降雨.....	39
4.3 总体方案设计.....	39
4.4 分区详细设计.....	43
5 建设效果.....	46
5.1 施工过程.....	47
5.2 项目设计效果.....	48
5.3 工程造价.....	49
6 项目总结.....	49
6.1 项目难点.....	49
6.2 项目设计.....	49
6.3 海绵材料.....	50
6.4 项目建设.....	51
6.5 项目运维.....	51
6.6 项目成效.....	51
6.7 示范意义.....	51
<b>四、衢州市电信大楼以东地块海绵化改造工程 .....</b>	<b>52</b>
1 基本情况.....	52
1.1 区位分析.....	52
1.2 气候降水条件.....	52
1.3 项目区基本情况.....	53
1.4 项目现状.....	53
2 问题与需求分析.....	54
3 设计原则和目标.....	54
3.1 设计原则.....	54
3.2 设计目标.....	54
3.3 设计依据.....	55
4 海绵城市改造方案设计.....	56
4.1 设计流程.....	56
4.2 设计降雨量.....	56
4.3 总体设计.....	56

4.4 节点设施设计.....	60
5 效果评估.....	63
5.1 年径流总量控制率达标分析.....	63
5.2 年径流污染物控制率达标分析.....	64
5.3 模型评估.....	64
6 建设效果.....	66
6.1 工程造价.....	66
6.2 效益分析.....	66
7 项目总结.....	67
7.1 项目难点.....	67
7.2 项目设计.....	67
7.3 海绵材料.....	67
7.4 示范意义.....	67
<b>五、宁波市三和嘉园小区海绵改造工程 .....</b>	<b>68</b>
1 基本情况.....	68
1.1 区位分析.....	68
1.2 下垫面概况.....	68
1.3 竖向概况.....	69
1.4 排水体制.....	70
2 问题与需求分析.....	70
2.1 现状问题.....	70
2.2 建设需求分析.....	70
3 海绵城市改造设计原则和目标.....	70
3.1 设计原则.....	70
3.2 LID 设施设计目标.....	71
3.3 设计依据.....	71
4 海绵城市改造方案设计.....	72
4.1 总体设计.....	72
4.2 汇水区域划分.....	72
4.3 节点设施设计.....	73
4.4 植物选取.....	76
5 监测评估.....	77
5.1 监测数据.....	77
5.2 评估结果.....	77
6 建设效果.....	78

6.1 小区改造前.....	78
6.2 小区改造后.....	79
7 项目总结.....	81
7.1 项目难点.....	81
7.2 项目设计.....	81
7.3 项目运维.....	81
7.4 示范意义.....	81
<b>六、温岭市五龙山公园北入口（下岙严）景观工程.....</b>	<b>82</b>
1 项目现状基本概况.....	82
1.1 区位分析.....	82
1.2 周边环境.....	83
2 问题需求与分析.....	83
2.1 存在问题.....	83
2.2 需求分析.....	84
3 海绵城市建设目标、理念与原则.....	84
3.1 设计目标.....	84
3.2 设计理念.....	84
3.3 设计原则.....	85
3.4 设计策略.....	85
4 海绵城市设计.....	86
4.1 设计流程.....	86
4.2 设计降雨量.....	86
4.3 总体方案设计.....	86
4.4 分区详细设计.....	88
4.5 径流控制量试算与达标评估.....	91
4.6 项目投资.....	91
5 建设成果.....	92
5.1 整体建设成果.....	92
5.2 效益分析.....	93
5.3 预留空间.....	94
5.4 投资分析.....	94
6 项目总结.....	94
6.1 项目难点.....	94
6.2 项目设计及海绵材料.....	95
6.3 项目建议.....	95

6.4 项目运维.....	95
6.5 项目成效.....	95
6.6 示范意义.....	95

# 1

## 杭州市上城区小营街道南班巷微更新 (海绵试点) 项目

**项目位置：**杭州市上城区小营街道

**项目规模：**红线内面积 9900 m<sup>2</sup>

**竣工时间：**2019 年底



本项目为杭州市海绵办甄选确定的老旧小区海绵城市改造试点项目，旨在以此为契机，探索出一条可复制、可推广的杭州市老旧小区“微更新+海绵”相结合的道路，实现焕发老城活力的改造目标，达到海绵城市建设的控制要求，并将其打造成有借鉴参考意义的样板示范工程。

### 1 基本情况

#### 1.1 项目概况

本项目位于杭州市上城区小营街道金钱社区，范围南北分别以南班巷、严衙弄为界，占地面积约 9900 m<sup>2</sup>，其中室外景观面积 5600 m<sup>2</sup>，建筑占地约 4300 m<sup>2</sup>。

微更新这一理念是在有机更新理论上发展而来。旨在保持老城区整体城市肌理与风貌的同时，尊重城市内的遗漏的秩序和人文，并自下而上地动员基层人员与居民参与到更新改造中，集中力量对局部微小区域进行适当规模的更新，令老城区重新焕发活力，创造出有影响力、归属感和地域特色的文化及空间形态。本项目微更新内容主要包括：海绵城市建设、建筑立面改造、电梯加装、增加停车位、景观提升、空间改造等方面。



图1 项目位置卫星影像图



图2 项目红线范围航拍图

### 1.2 气候条件

杭州市地处东亚副热带季风区，降雨充沛且相对集中，同时由于全球变暖，热带洋面温度上升，气压下降，增加了梅雨和台风季大暴雨产生的机会，在遭遇小范围、高强度的暴雨时易发生城市内涝。

### 1.3 场地与排水条件

项目场地内地势平坦，高程基本在 8.0 m~9.5 m 之间，地势总体走向为南高北低。场地内雨水可自流排向小区东侧的东河。东河为南北向河流，南起河坊街，北至运河，实测常水位 2.17 m，景观水位与最高通航水位 3.0 m。

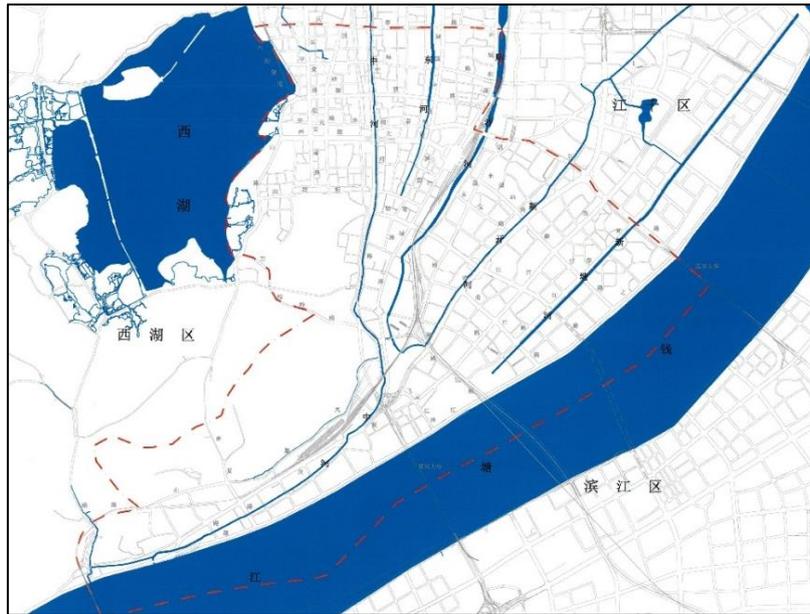


图3 项目所在上城区现状水系图

#### 1.4 土质与地下水情况

根据《杭州市海绵城市建设低影响开发雨水系统技术导则》，小营街道所在区域的地基土层第一与第二层分别为杂填土与砂质粉土。根据附近区域地质勘察报告，地下水位埋深为 0.50 m~2.80 m，绝对高程为 3.97 m~6.37 m，主要接受大气降水及地下同层侧向径流补给，以蒸发和侧向径流方式排泄，水位动态随季节性变化，年水位变幅约为 1 m~2 m。

### 2 问题与需求分析

#### 2.1 面源污染

根据现场调研，小区地面环境较差，部分空间堆放杂物，垃圾房附近地面较脏，很容易形成雨水径流污染。



图4 小区垃圾房

## 2.2 排水能力偏低

小区内雨水管道规格满足排水要求，但雨水口偏少，雨水排除能力不足，需增设雨水口以确保小区排水防涝安全。据了解，小区部分楼幢存在雨落水管漏水情况，应利用本次微更新的机会加以修缮改造。

## 2.3 环境提升

小区还存在风貌破败、空间失活、秩序混乱、设施陈旧、功能单一等问题，需在本次微更新过程中统一解决。

# 3 建设目标与原则

## 3.1 建设目标

本项目设计目标主要为控制年径流总量。根据杭州市降雨实测数据，将多年日降雨量值按大小分类，忽略 2 mm 以下降雨后，按年径流总量控制率统计确定了杭州市的设计降雨量值，见下表。

表 1 杭州市不同年径流总量控制率对应的降雨量

年径流总量控制率	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
设计降雨量 (mm)	13.2	15.3	18.0	21.1	25.2	30.7	38.9	54.9

根据以上统计结果，绘制出杭州市年径流总量控制率与设计降雨量对应曲线，详见下图。

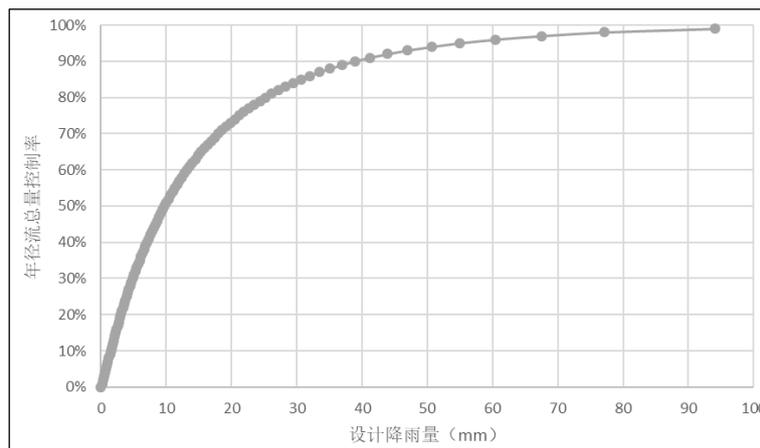


图 5 杭州市年径流总量控制率与设计降雨量对应曲线

目前实施的《杭州市上城区海绵城市建设实施方案》覆盖区域不包括小营单元。参考实施方案中小营单元附近的望江单元关于老旧小区地块海绵城市建设要求，制定本项目的控制指标为：

- (1) 年径流总量控制率达到 60%，对应设计降雨量为 13.2 mm。
- (2) SS 削减率不小于 40%。
- (3) 通过海绵城市建设，提升小区排水系统排水能力。

### 3.2 设计原则

(1) 以最大化遵照现状地貌为原则，紧密结合地形，通过尽可能小的破坏，最大程度的实现雨水的自然积存、自然渗透、自然净化的可持续水循环。

(2) 从实际情况入手，在保证设计安全的前提下，将现状条件最大化利用，注重经济、实用。

(3) 工程实施与景观设计相结合，在实现低影响开发的前提下，力求景观效果的进一步提升。

## 4 海绵城市设计

### 4.1 LID 技术路线

海绵城市设计的技术路线为：硬化地面雨水经地面竖向导流至 LID 设施，如渗渠和下凹式绿地等，或经植草沟转输至雨水花园，经调蓄、下渗、净化后进入地下，大雨溢流至管网；直接降至透水铺装部分的雨水可直接入渗地下，超渗雨水进入上述 LID 设施；部分屋面雨水引入改造后的高位花坛，经植物截留、储蓄、下渗进入土壤，大雨溢流至管网；其他屋面雨水排放至雨水管网。技术路线图如下：

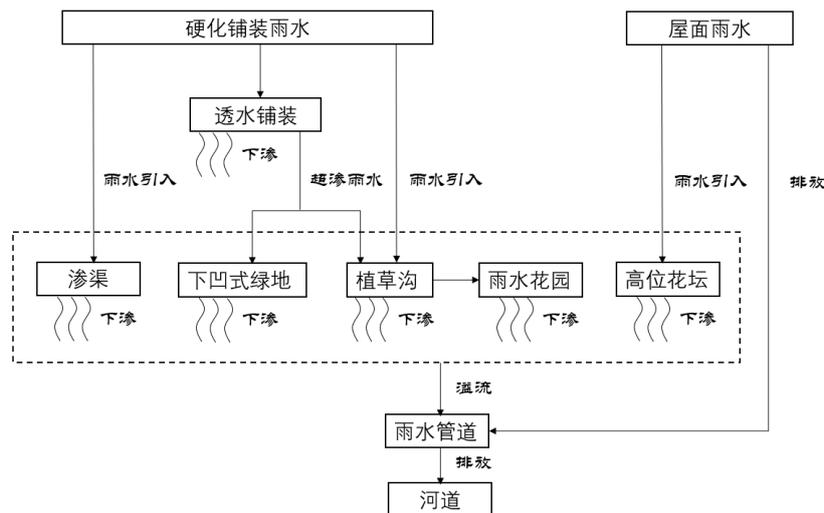


图 6 LID 改造技术路线图

### 4.2 设计参数

- (1) 土壤渗透系数按粉质砂土，取 0.26 m/d，约 11 mm/h。

(2) 地面入渗设施排空时间取 24 h；地下入渗设施排空时间取 72 h。

(3) 径流系数：屋面、道路  $\psi=0.9$ ，常规绿地  $\psi=0.15$ ，下凹式绿地、雨水花园  $\psi=0.15$ ，透水停车位、路面  $\psi=0.10$ 。

### 4.3 海绵设施选择

本次 LID 措施及涉及到的相关设施，其具体设计及工程量如下：

#### (1) 植草沟设计

植草沟是本次雨水花园两侧绿地采用的 LID 设施，是在地表沟渠中种有植被的一种工程性设施，转输并滞蓄雨水，削减径流峰值，体现海绵城市“渗、滞、蓄”的特点。植草沟设计下凹 10 cm~15 cm，宽度 0.6 m，设计表层储水量通过下渗、蒸发、绿地植物蒸腾作用实现消纳，排空时间取 24 h。本工程中道路旁边及绿地广场周边采用植草沟形式将道路及绿地广场雨水输送至雨水花园。

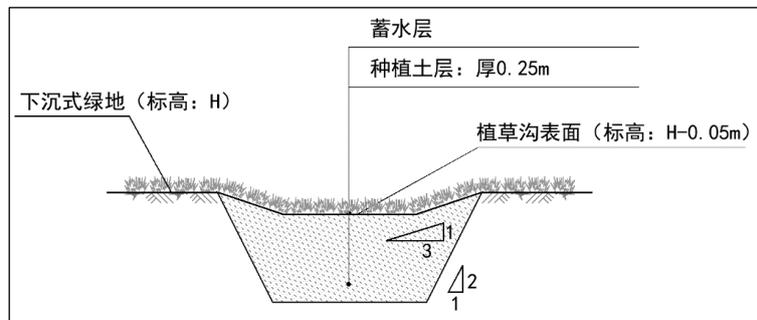


图 7 简易型植草沟示意图

#### (2) 雨水花园

本工程雨水花园布置于小区公园西侧绿地，可收纳并净化、滞蓄雨水，削减径流峰值，体现海绵城市“渗、滞、蓄、净”的特点。雨水花园设计下凹 25 cm~30 cm，结构层至上而下依次是植物层、换填 40 cm 厚种植土、200 g/m<sup>2</sup> 透水土工布 (上侧铺一层粗砂)、25 cm 填料层 (炉渣等)、25 cm 砾石层 (粒径 20 mm~30 mm)、200 g/m<sup>2</sup> 透水土工布 (下侧铺一层粗砂)。雨水花园分布位置详见平面图。

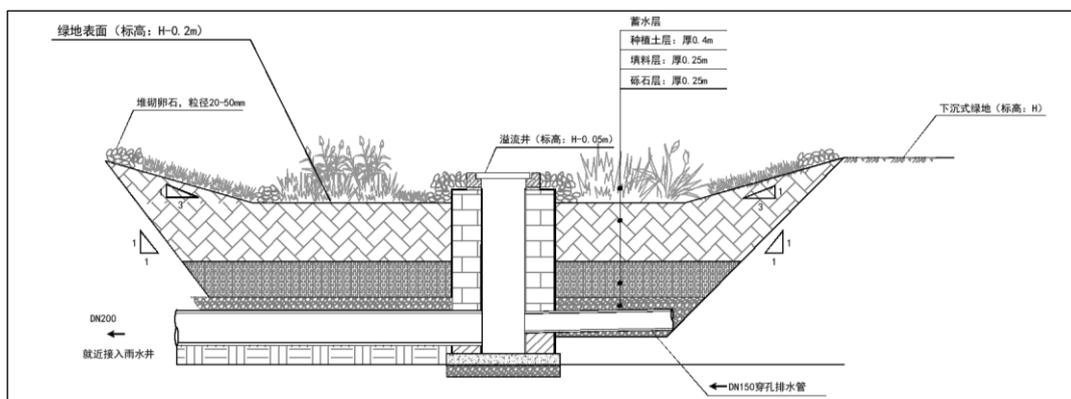


图 8 雨水花园结构示意图

### (3) 排水渗渠

本工程在公园绿地靠近木板铺装一侧设置排水渗渠，收集绿化及周边地面雨水，再排放至雨水管道。渗渠表面宽40cm，深20cm，填充卵石，设计纵坡5‰。排水渗渠分布位置详见平面图。

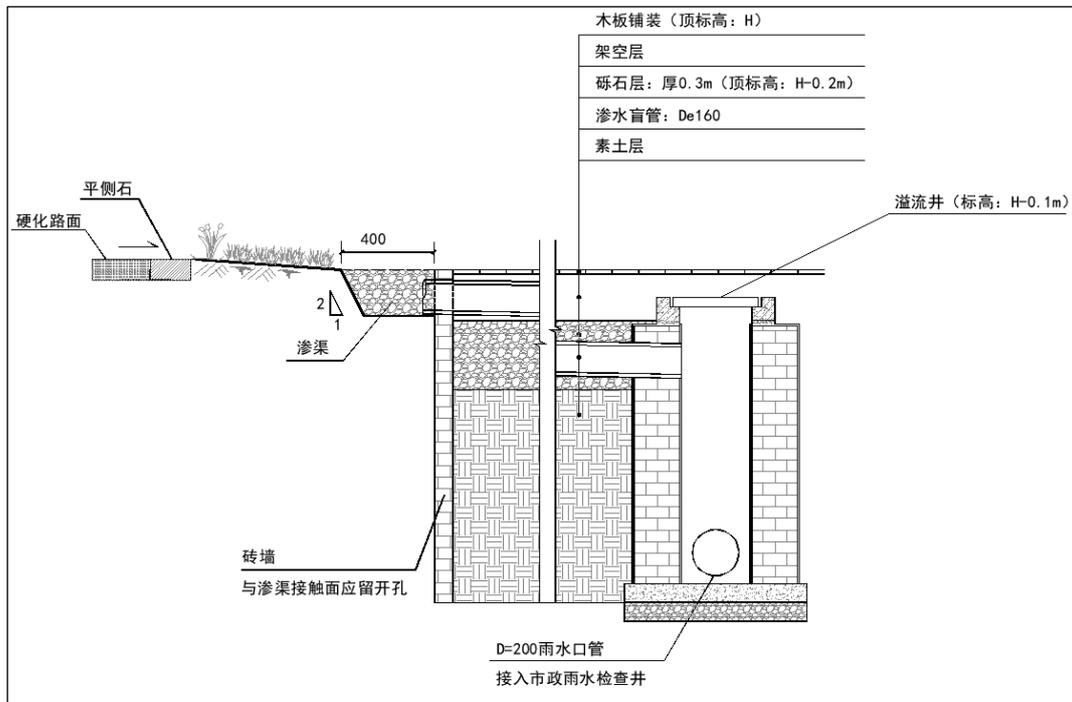


图9 渗渠与木板下砾石铺砌示意图

### (4) 下凹式绿地

本工程设计小区绿地普遍为下凹式绿地，可收纳并滞蓄雨水，削减径流峰值，体现海绵城市“渗、滞、蓄”的特点。但应避开大树根部、建筑墙脚以及其他市政设施。绿地下沉深度为5cm~10cm，下凹式绿地分布位置详见平面图。

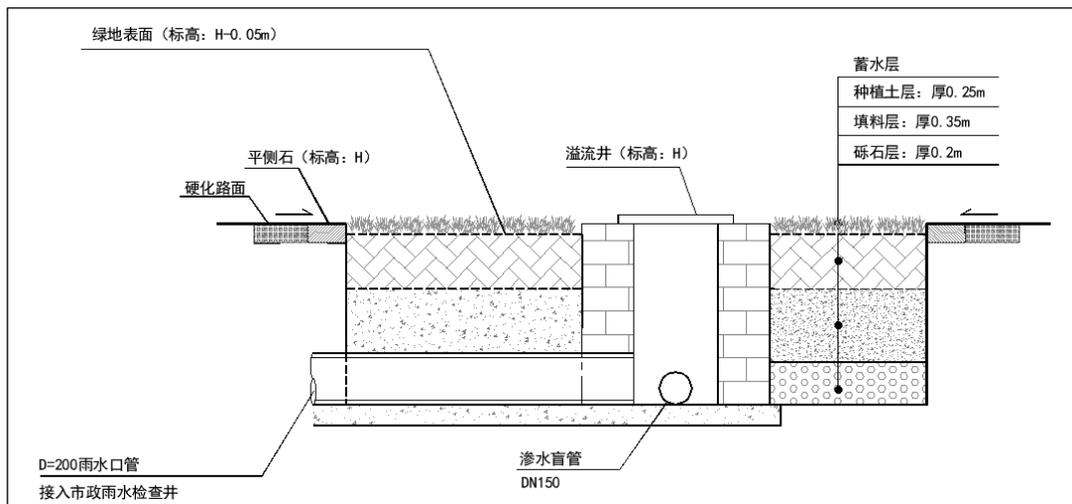


图10 下凹式绿地做法示意图

(5) 高位花坛

本工程布置高位花坛于雨落水管下端，且原地面为绿地的场地，不影响交通出行。收纳并净化、滞蓄雨水，削减径流峰值，体现海绵城市“渗、滞、蓄、净”的特点。高位花坛分布位置详见平面图。

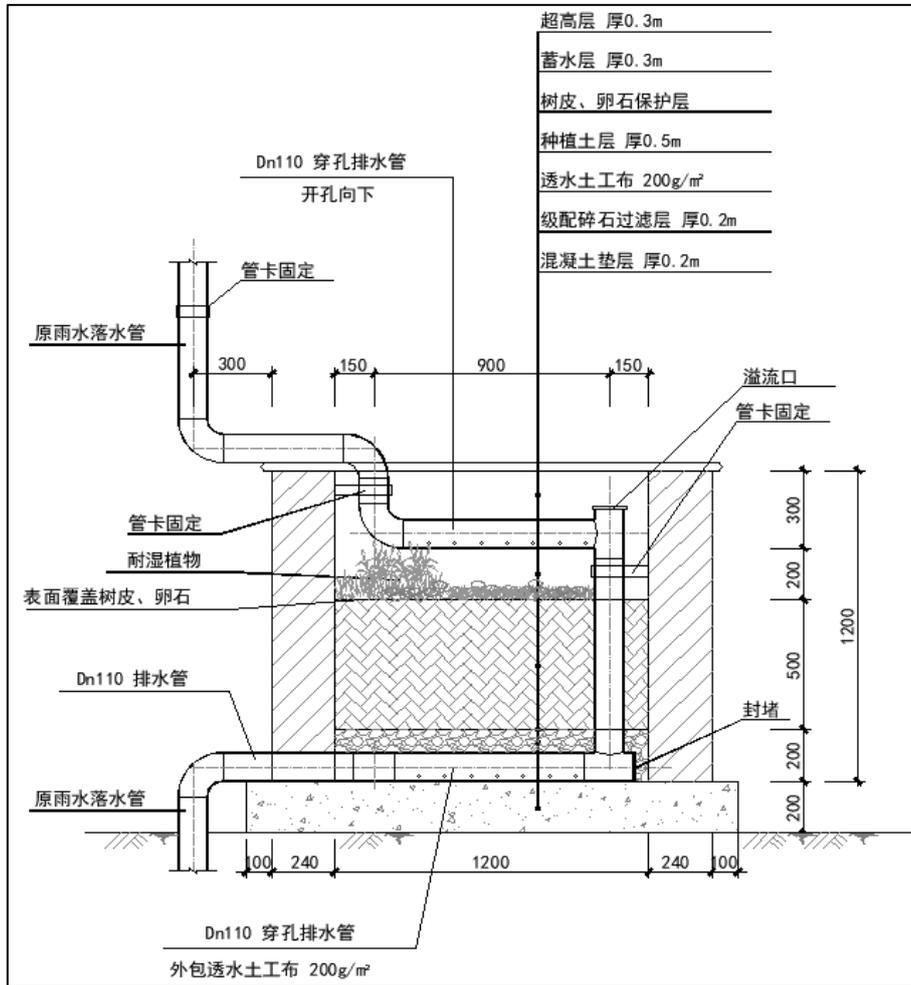


图 11 高位花坛做法示意图

经统计后的海绵城市设施布置工程如下表，平面图如下图。

表 2 南班巷海绵城市建设改造工程量统计

序号	名称	规格	单位	数量	材料	备注
1	渗渠	--	m <sup>2</sup>	15	--	
2	下凹式绿地	--	m <sup>2</sup>	986	--	
3	雨水花园	--	m <sup>2</sup>	39	--	
4	植草沟	--	m <sup>2</sup>	25	--	
5	高位花坛	--	个	15	--	

序号	名称	规格	单位	数量	材料	备注
6	雨水井	--	个	2	--	
7	雨水溢流井	--	个	64	--	30 cm×40 cm, 铸铁雨水口
8	雨水管	DN200	m	420	PE 波纹管	
9	雨水穿孔管	De160	m	1140	PE 实壁管	

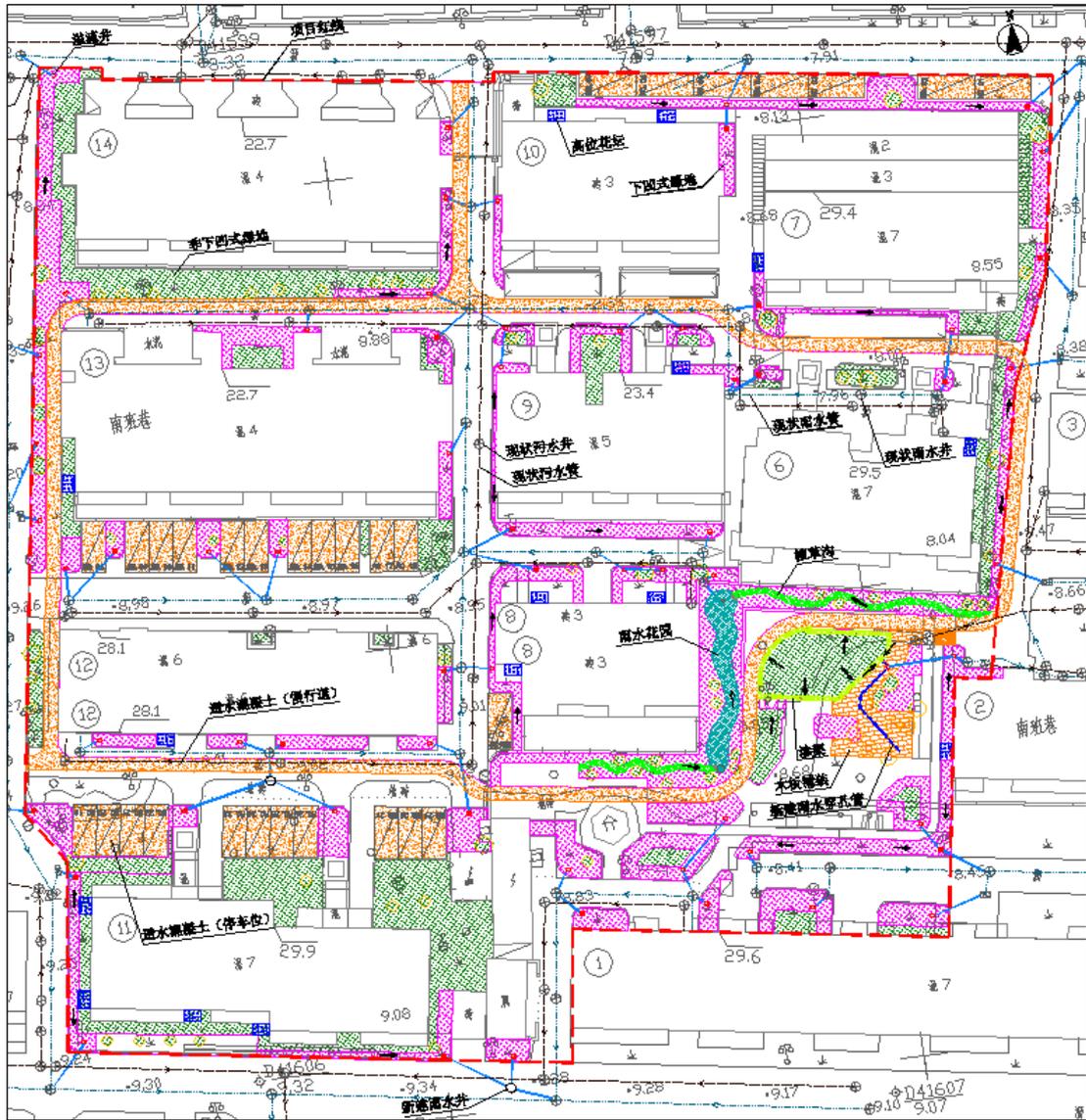


图 12 海绵城市设置布置平面图

## 5 海绵城市建设效果

### 5.1 建设前后对比

#### (1) 透水铺装



图 13 节点一现状图



图 14 节点一效果图

## (2) 下凹式绿地

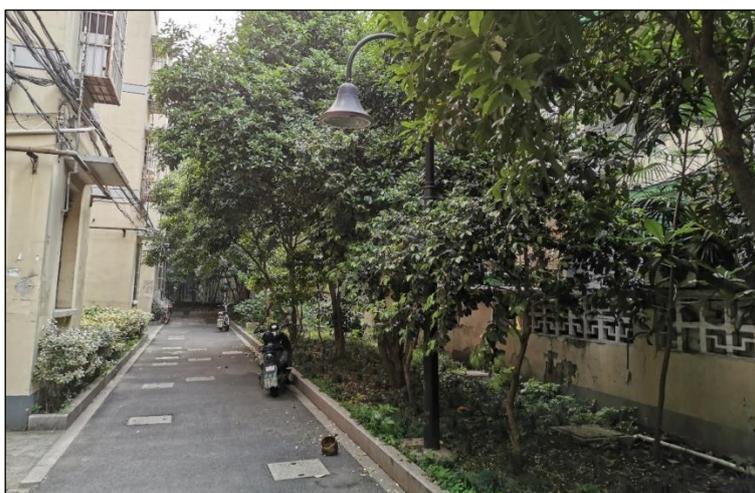


图 15 节点二现状图



图 16 节点二效果图

### (3) 雨水花园

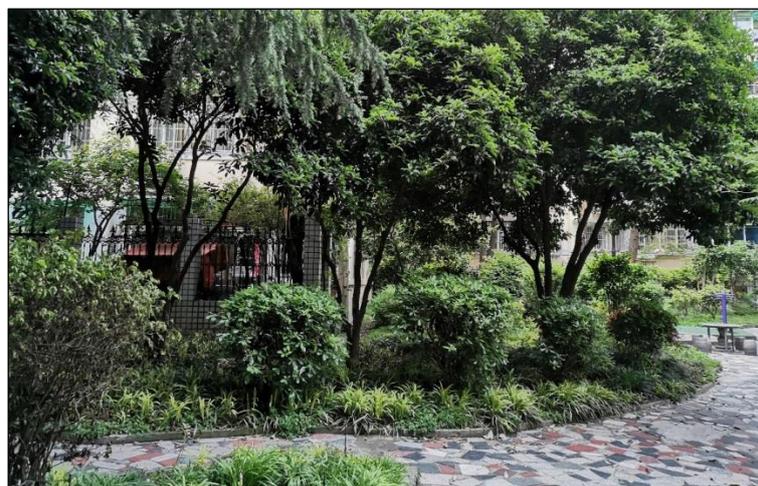


图 17 节点三现状图



图 18 节点三效果图

#### (4) 高位花坛



图 19 节点四现状图



图 20 节点四效果图

### 5.2 模型评估

基于 SWMM 构建各项工程方案的降雨、径流模型。本次使用降雨为杭州 10 年连续小时间隔降雨（2006.1.1~2015.12.31）。

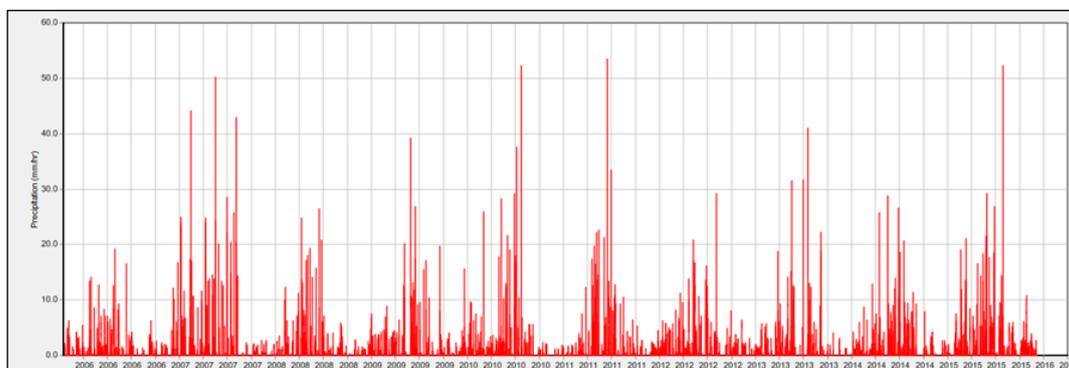


图 21 杭州市 2006.1.1-2015.12.31 小时间隔降雨量图

杭州市每月蒸发量如下表。

表3 杭州市平均每月蒸发量数据表

县市名称	平均每月蒸发量 (mm)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
杭州	34.4	39.1	55.4	74.0	91.8	82.4	131.6	123.4	88.4	75.0	52.4	43.3

### (1) 地表产流

产流主要考虑入渗影响，入渗方面 SWMM 提供了霍顿公式、格林-安普特公式以及 SCS-CN (Curve Number) 法，本次模拟采用霍顿公式，该公式考虑了入渗量随着时间的衰减变化趋势，认为土壤入渗能力从某个初始的最大入渗率通过指数形式衰减至一定的稳定入渗率（最小入渗率），由此得到了入渗能力随时间呈指数变化的经验公式为：

$$f = (f_0 - f_c)e^{-Kt} + f_c$$

其中， $f$  为入渗能力 (mm/min)； $t$  为时间 (min)； $f_0$ ， $f_c$  分别为初始和稳定入渗率 (mm/min)； $K$  为入渗衰减指数（衰减常数），与土质有关。

本次模拟中取霍顿公式的初始值为：

最大入渗速率：按砂土、植被茂密、湿土有地下潜流排水但未排干的情况，确定为 85 mm/h。

最小（饱和）入渗速率：按砂质粉土取 11 mm/h。

衰减常数：取  $4 \text{ d}^{-1}$ ；

排干时间，取 7 h；

### (2) 地面汇流

汇水时要考虑到子区域划分，SWMM 中将每个子流域考虑如图所示，将每个汇水子区域划分为透水区和不透水区，不透水区又划分为无洼地不透水区和有洼地不透水区，即子流域构成如图所示。

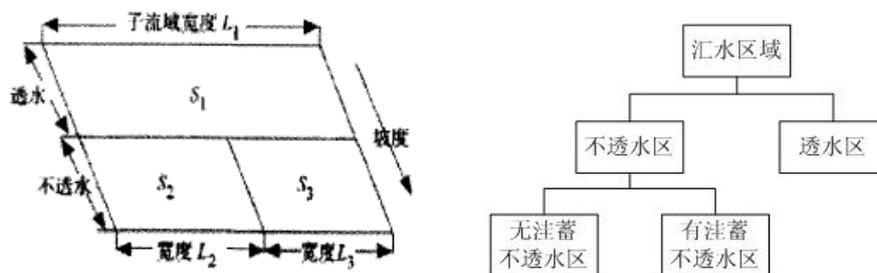


图22 SWMM子流域划分图与SWMM子流域构成图

每个汇水子流域的各种区域形成的地表径流流至雨水口按照非线性水库模型计算，汇流考虑洼蓄量的影响，以及坡面流的汇流方式，如图所示，

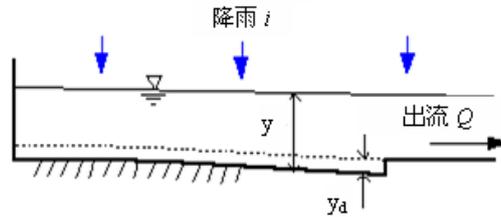


图 23 子流域汇水非线性水库模型图

经过有限差分法离散获得一个关于水深  $y$  的非线性微分方程：

$$\frac{y_2 - y_1}{\Delta t} = \bar{I} - \bar{f} - \frac{WS^{1/2}}{An} \left[ \frac{y_1 + y_2}{2} - y_d \right]^{5/3}$$

式中， $\Delta t$  为时间步长； $y_1$  为时段起始时刻的水深； $y_2$  为时段结束时刻的水深； $\bar{I}$  为时段内的平均降雨强度； $\bar{f}$  为时段内的平均入渗率。

$W$  为集水区的特征宽度； $n$  为汇水区域曼宁粗糙系数的平均值； $S$  为地表平均坡度。

具体汇水子流域的参数设置如下：

### 1) 汇水区域面积

汇水区域面积严格意义上指的是其中的产流面积。采取在 CAD 上直接测量汇水区域的方法获得其面积。

### 2) 特征宽度

特征宽度是一个无法实测的模型参数。计算特征宽度的方法有很多种，建模者可以选用适宜的计算方法。SWMM 提供的计算汇水子区域特征宽度的方法有如下几种：

$$\text{Width} = 1.7 \times \text{MAX}(\text{Height}, \text{Width});$$

$$\text{Width} = K \times (\text{Area})^{0.4} \quad (0.2 < K < 5);$$

$$\text{Width} = K \times \text{Perimeter} \quad (0 < K < 1);$$

$$\text{Width} = \text{Area} / \text{Flow Length}.$$

选用第二个公式  $\text{Width} = K \times (\text{Area})^{0.4} \quad (0.2 < K < 5)$  进行特征宽度的计算， $K=2.29$ 。

### 3) 地表平均坡度

汇水子区域的地面平均坡度取值参考道路纵向坡度数据，经核算场地平均坡度3%，因此以3%作为汇水子区域地表平均坡度的参考值。

#### 4) 不透水率比例

场地内不透水部分面积占场地总面积的比例，通过实际测算确定改造前后的不透水率。

#### 5) 洼蓄量

不透水洼地蓄水取 2.5 mm；透水洼地蓄水值取 5 mm。

### (3) SWMM 评估结果

根据 SWMM 模型评估与《海绵城市建设设计指南》的计算：年径流总量控制率 60%，污染物控制 TSS 削减 40%，已基本达到《杭州市上城区海绵城市建设实施方案》控制管理相关要求。

### 5.3 改造前后指标对比

经南班巷微更新（海绵试点）改造后，年径流总量控制率与 TSS 削减率得到提升，并解决了小区乱停车、占用人行空间问题，对比如下表。

表 4 改造前后指标对比表

指标	年径流总量控制率	TSS 削减	标准停车位
景观改造前	37%	19%	0
景观改造后	30%	25%	30
景观+海绵改造后	60%	40%	30

### 5.4 经济分析

本项目概算总投资 944 万元，含工程费、建设管理费等。其中海绵+景观工程总费用 215 万元，在总投资中占比 23%。虽然本项目为海绵城市试点工程，但在“微更新+海绵”改造中，海绵城市投资增加占比较小。

## 6 项目总结

### 6.1 项目难点

#### (1) 项目需求多

项目位于杭州市老城区，原为省某直属机关单元家属楼，居住人员构成较复杂，老年人比例较高。居民对于小区改造需求多样：增加停车位、设置老年健身活动场所、改善小区环境、解决机动车随意停放问题等。上城区对于老小区改造也有相关要求，如建筑立面整治、电力上改下等。尤其是增设停车位的做法降低

了绿地率，也增大了海绵城市雨水控制的难度。

项目组需要不断协调沟通多方需求，通过发放居民调查问卷、开展社区代表交流沟通会、参加多轮改造方案讨论会议等形式解决问题。通过提高绿地下凹比例达到海绵城市控制要求。

### （2）不同专业，理念不同

园林景观设计和海绵城市设计专业人员对于绿化和海绵城市设计的理念不同，对于竖向控制与景观效果的理解有差异。两类专业人员经过不断沟通，逐渐达成了采用深度小、比例高的下凹式绿地的共识，以满足多方需求。

### （3）后期管理维护

老旧小区为开放性小区，并无专业的物业管理人员，对于透水铺装维护、植物养护、停车管理等工作如不到位，会造成小区“蝶变”后又被打回原形的后果。社区和小区居民应在改造完成后加强管理养护工作。

## 6.2 项目设计

本项目海绵城市设计的理念主要为：

### （1）绿地整体下凹

打破以往下凹式绿地择地深度下凹的概念，在不影响大树成活和基础设施运行的前提下，绿地整体下凹 5 cm~10 cm。以往做法会形成场地内大大小小的洼地，破坏景观效果，园林部门反对声音较多；整体下凹且深度不大，待植物生长茂盛后几无下凹效果，场地平整美观，也能实现海绵城市控制能力。

### （2）雨水花园打造景观

在小区邻里公园的绿地门户位置设计一处植草沟+雨水花园，打造海绵城市的景观工程，选择耐旱涝且美观的植物，打破海绵城市景观效果差的固有印象。

### （3）非机动车道铺装设计为透水

项目红线范围内的铺装整体改造，除车行道因结构性原因不能透水外，其他如健身步道、停车位、邻里公园铺装等均设计为透水铺装，减少地面雨水径流。

### （4）改造雨落水管

针对屋面雨水经雨落水管直接排放至管网的传统排水方式进行改造，将有改造条件的雨落水管下端增设高位花坛，实现小雨滞流浇洒植物、大雨溢流排放管网的功能。

## 6.3 示范意义

本项目为老旧小区“微更新+海绵”改造新模式的实践和探索，提供一种结合景观改造的低投资海绵城市设计思路，对相关设计项目具有参考借鉴意义。

# 2

## 嘉兴市府南花园三区海绵城市建设工程

**项目位置：**嘉兴国际商务区长水街道，北侧为珠庵路，  
南侧为庄前路，东临新气象路，西接玉泉路

**项目规模：**总面积 90341 m<sup>2</sup>。

**竣工时间：**2016 年



嘉兴市位于浙江省东北部、长三角杭嘉湖平原腹心地带，地形平坦，水网密布，江南水乡特色浓厚。然而，经过三十多年的快速发展，生态环境问题日益显现，地表水环境质量整体较差导致自来水厂面临无好水可取局面，成为水质型缺水城市。2015年4月，嘉兴入选第一批国家海绵城市建设试点城市，希望通过水环境改善、水生态修复等手段，提升城市环境，恢复水乡风貌，促进城市持续、长久、健康建设和发展；同时，进行海绵城市相关研究和实际应用，形成可推广、可复制的经验，为广大平原河网地区的海绵城市建设起到先锋探索作用。

嘉兴市选取中心城区内部分代表性区域作为海绵城市试点建设区域，面积为18.44 km<sup>2</sup>，均位于城市防洪工程范围内，包括I-8、I-10、I-15、I-19、I-20、I-21、I-22和I-24共八个汇水分区（如图1），其中I-10为城中片合流制区域、其余均为分流制区域。嘉兴市府南花园三区海绵城市建设工程位于海绵城市建设示范区I-21区块，小区内河道淤积严重、水流不畅道，水环境质量较差，影响小区居民生活品质。该工程在拆迁安置小区整体改造提升过程中融入海绵城市改造相关内容，通过雨污分流改造和低影响开发设施建设，控制点源污染及地表面源污染，改善河道水环境质量，使人民群众享受到了公共基础设施建设带来的福利提升。

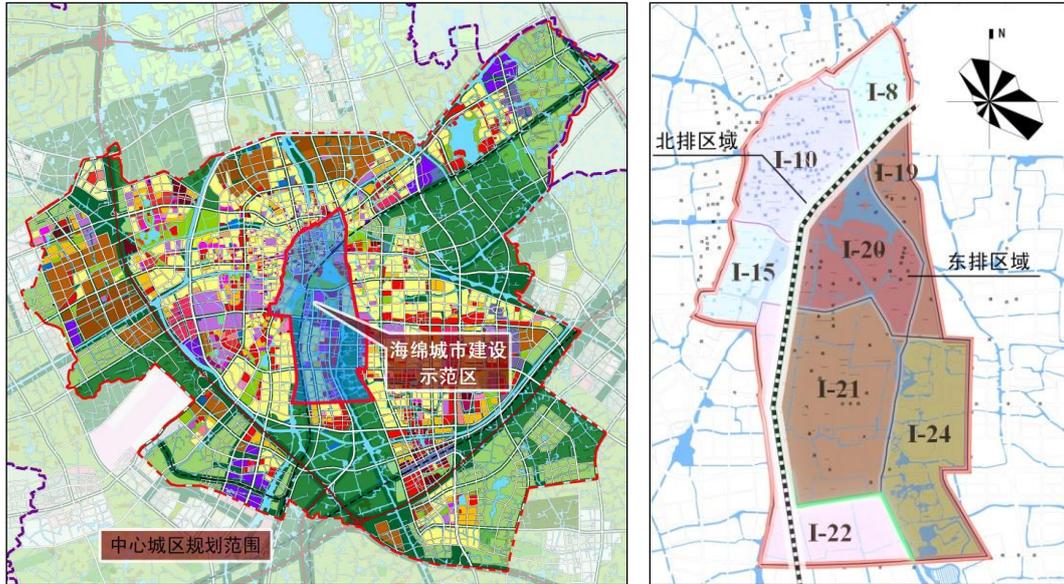


图1 嘉兴海绵城市建设试点区情况图

## 1 基本情况

### 1.1 项目概况

府南花园三区海绵城市建设工程项目位于嘉兴市国际商务区长水街道，北侧为珠庵路，南侧为庄前路，东临新气象路，西接玉泉路。总面积 90341 m<sup>2</sup>，其中陆地面积 86635 m<sup>2</sup>（含绿地 34140 m<sup>2</sup>，绿地率 37.79%）。

### 1.2 下垫面情况

小区下垫面类型统计见表 1，主要为沥青路面、水泥混凝土路面、绿地、屋面。其中，沥青路面主要分布于小区主要道路，水泥混凝土路面主要位于屋后进出支路，其余为屋面及绿化面积。综合径流系数为 0.64（不含水系）。

表1 府南花园三区现状下垫面情况

下垫面类型	面积 (m <sup>2</sup> )	占比 (%)
屋面	24505	27.13
道路	15275	16.91
绿地	34140	37.79
停车位	7727	8.55
其他	4988	5.52
水域	3706	4.10
<b>总面积</b>	<b>90341</b>	<b>100</b>

### 1.3 竖向条件与管网情况

#### （1）竖向条件

现状场地较为平整，高程在 2.4 m~2.6 m 之间。

#### （2）现状管网情况

小区内污水排水系统以戚家北港为界，划分为东区污水系统和西区污水系统。东区污水系统污水主管管径 DN200~DN300，收集生活污水后由南往北排入北面珠庵路 DN600 污水主管。西区排水系统污水主管沿小区主干路铺设，管径 DN300~DN400，收集生活污水后排入南面庄前路 DN400 污水主管。

小区内雨水主排出口共有三个，依据排出口位置不同分为东北区雨水系统，东南区雨水系统和西区雨水系统。东北区雨水系统雨水主管管径为 DN400，管道由北向南敷设，收集屋面和道路雨水后排入小区河道。东南区雨水系统雨水主管管径为 DN400~DN500，管道由南向北敷设，收集雨水后排入小区河道。西区雨水系统雨水主管管径为 DN400~DN800，管道由南向北敷设，收集雨水后排入小区北侧河道。

### 1.4 土壤条件

据地质报告，该区域地下水位普遍较高，地下②层、③层为粉质粘土、淤泥质粉质粘土，渗透系数在  $6 \times 10^{-8}$  m/s~ $1 \times 10^{-6}$  m/s，地下水位和渗透系统不利于雨水渗透。土层分布为：地下①层为填土层，顶板标高 2.12 m~3.78 m，厚度 0.5 m~2.6 m；地下②层为粉质粘土层，顶板标高 0.5 m~2.0 m，厚度 0.5 m~1.9 m；地下③层为淤泥质粉质粘土层，顶板标高 -9.65 m~0.79 m，厚度 1.0 m~7.0 m。

## 2 问题与需求分析

### 2.1 排水问题

- （1）雨水立管雨污合流。
- （2）屋后雨水立管排入污水系统。
- （3）部分路面积水。

### 2.2 道路设施问题

- （1）路面破损：沥青路面有裂缝、高低不平等现象；混凝土路面板块断裂，大面积路面破损；混凝土路面与沥青路面搭接处有不同程度破损。
- （2）侧石：常有车辆越过低侧石停至绿化区域现象，车辆碾压导致绿化破损，部分低侧石下陷和破损。
- （3）转弯半径：部分通道车辆转弯半径设置不合理。

(4) 停车位：车位偏少，部分车辆停于路侧或绿化带内，影响正常通行。



图2 排水工程现状问题



图3 道路设施现状问题

### 2.3 景观问题

(1) 绿化上，下层地被生长稀疏，部分绿地内见裸土，且植物配置较为混乱，景观感官不佳。

(2) 空间组织上，沿河广场布局缺乏合理性，大部分景观设施陈旧且使用率不高。

(3) 休闲、休息设施设置不合理或缺少。



图4 景观工程现状问题

## 2.4 水环境问题

戚家北港斜穿小区，河道水质的好坏对小区生活品质有重大影响。从戚家北港水环境现状来看，其水环境质量不容乐观，水质较差，污染较严重。

## 3 海绵城市建设目标

按照《浙江省嘉兴市海绵城市建设试点城市建设规划》，通过海绵城市建设，本工程具体达到如下目标：

- （1）年径流总量控制率达到 80%，对应设计降雨量为 24 mm。
- （2）综合径流系数达到 0.5。
- （3）雨水综合处置率达 100%。
- （4）提升项目排水系统排水能力。
- （5）改善小区配套基础设施，提升小区绿化景观，提高居民生活品质。

## 4 海绵城市系统设计

### 4.1 技术路线

根据现状问题，本次海绵城市工程设计除局部改造部分停车位外，保留、修复大部分现状硬化地面，主园林绿化进行整体下凹改造，结合绿化设计低影响开发设施。采用的技术措施如下：

（1）绿地部分设置为下沉式绿地，将建筑屋面及硬化铺装雨水引入广义下沉式绿地内进行下渗、净化处理，若绿化面积/汇水面积的比值较小，下沉式绿地应采用可渗透形式如雨水花园、生物滞留设施等。

（2）采用雨落管断接方式，将建筑屋面雨水引入周边绿地中设置的分散式雨水控制利用设施（如下沉式绿地、渗管/渗渠等）内下渗、净化。

（3）建筑物周围无绿化空间设置下沉式绿地、渗管/渗渠等雨水控制利用设施时，应通过高位花坛等措施实现雨水断接排放。

（4）根据需要将局部小区内停车场、广场等改造为渗透铺装，增大雨水调蓄空间，提高雨水调蓄空间的联动性。

（5）将现状雨水口移至绿地设施内，并增设截污挂篮，或采用环保雨水口，在雨水管道排出口末端增设格栅除污井。

具体技术路线图如下：

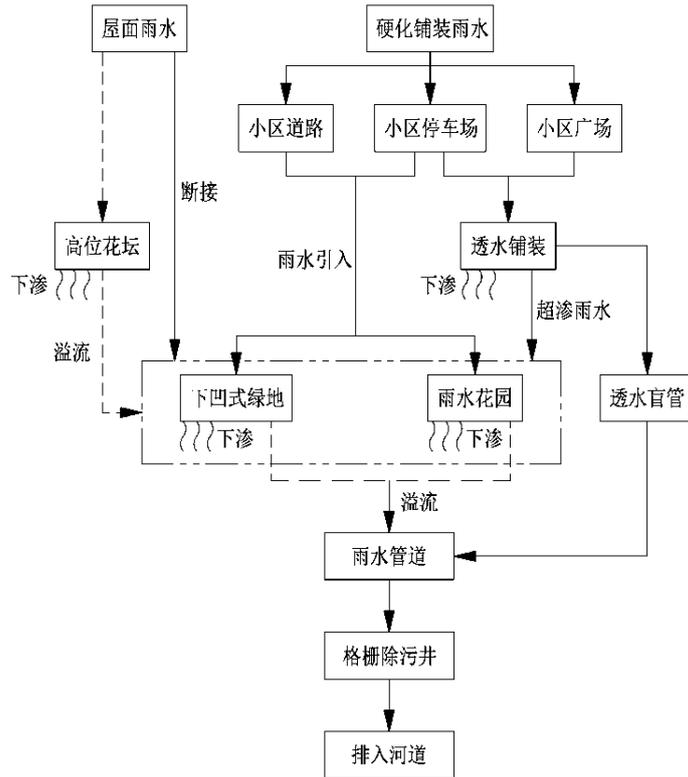


图5 技术路线图

#### 4.2 竖向设计

本工程采用分散式源头控制方式，将雨水流入下凹式绿地、生物滞留带绿地，竖向上采用微地形塑造进行排水。



图6 场地竖向设计图

### 4.3 汇水分区

通过分散式源头控制方式，将控制目标分解至 148 个区块内。



图 7 汇水分区图

### 4.4 径流控制量计算

低影响开发源头控制设施用于径流总量控制、水质控制或雨水利用时，源头控制设施的设计规模采用容积法计算，计算公式如下：

$$V=10H\psi A$$

式中：V—控制容积（ $\text{m}^3$ ）

H—设计降雨量（mm）

$\psi$ —汇水面积内的综合径流系数

A—汇水面积（ $\text{hm}^2$ ）

按照本工程建设目标，小区陆域面积  $86635 \text{ m}^2$ ，径流总量控制率达到 80%，对应设计降雨量为 24 mm，改造前综合径流系数为 0.64，因此，控制径流总容积为  $1331 \text{ m}^3$ 。为了实现上述径流总量控制目标，本工程共设计普通下沉式绿地  $24469 \text{ m}^2$ 。通过表层进行储水，总有效储水容积  $1223 \text{ m}^3$ ；换填式下沉式绿地  $443 \text{ m}^2$ ，通过表层及结构空隙进行储水，总有效储水容积  $75 \text{ m}^3$ ；雨水花园 35 个，共计面积  $615 \text{ m}^2$ ，通过表层及结构空隙进行储水，总有效储水容积  $276 \text{ m}^3$ ；透水路面  $2782 \text{ m}^2$ ，总有效储水容积  $231 \text{ m}^3$ ；透水车位  $1487 \text{ m}^2$ ，总有效储水容积

122 m<sup>3</sup>。各种设施总有效储水容积可达 1927 m<sup>3</sup>，满足设计要求。

#### 4.5 总体布局

本工程主要采用下沉式绿地、雨水花园、透水路面等 LID 技术措施，总体布局见下图。

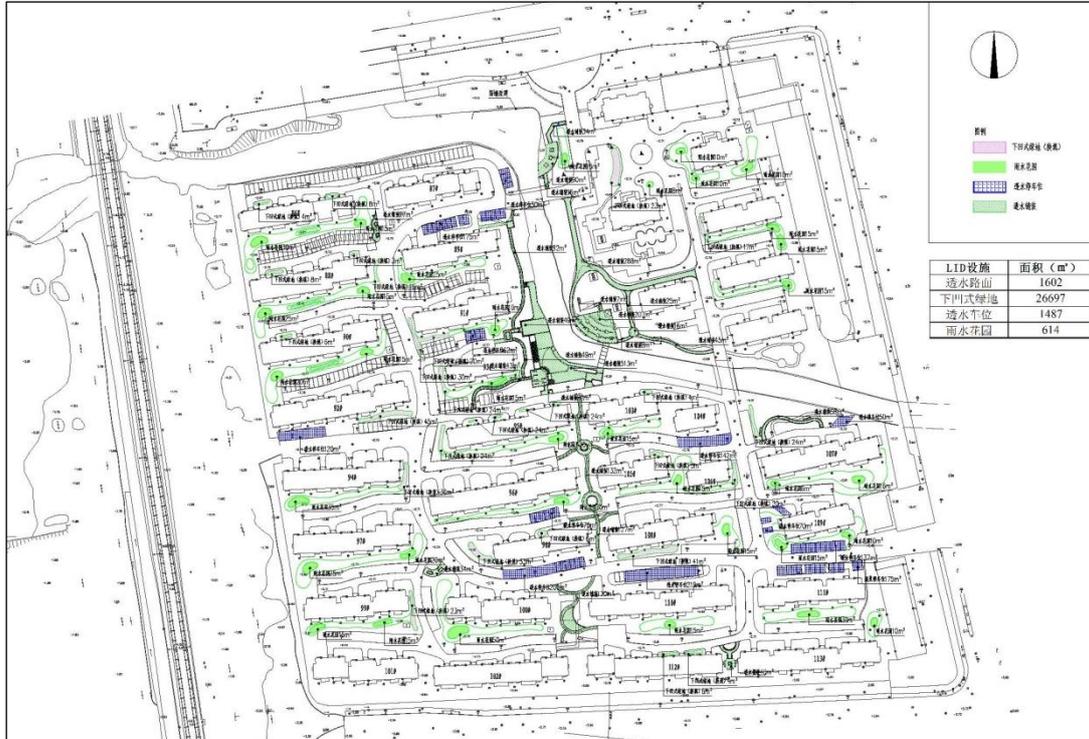


图 8 LID 设施总平面图

#### 4.6 分区详细设计

##### 4.6.1 雨污分流改造设计

根据实测管线资料，本工程存在雨污混接情况分为两种：

(1) 北侧雨水立管接入污水系统，详见下图：

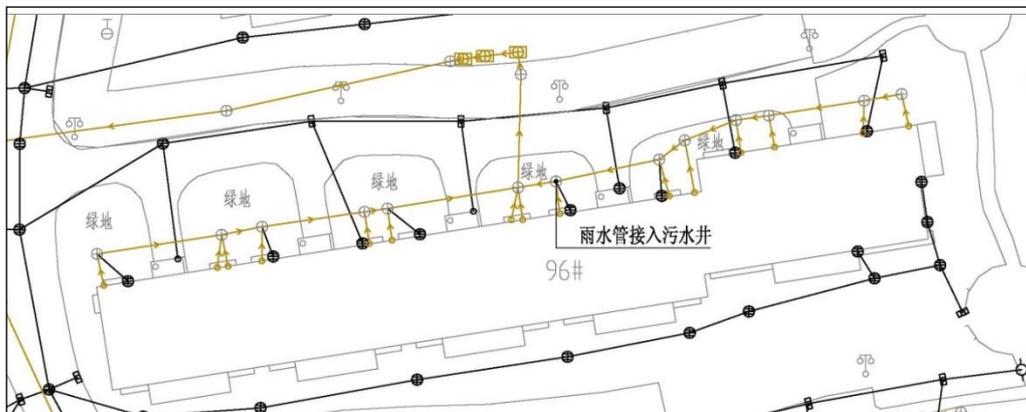


图 9 雨水管接入污水井

对雨水立管实行断接改造，将雨水引入绿地内或通过高位花坛排放，详见下图：

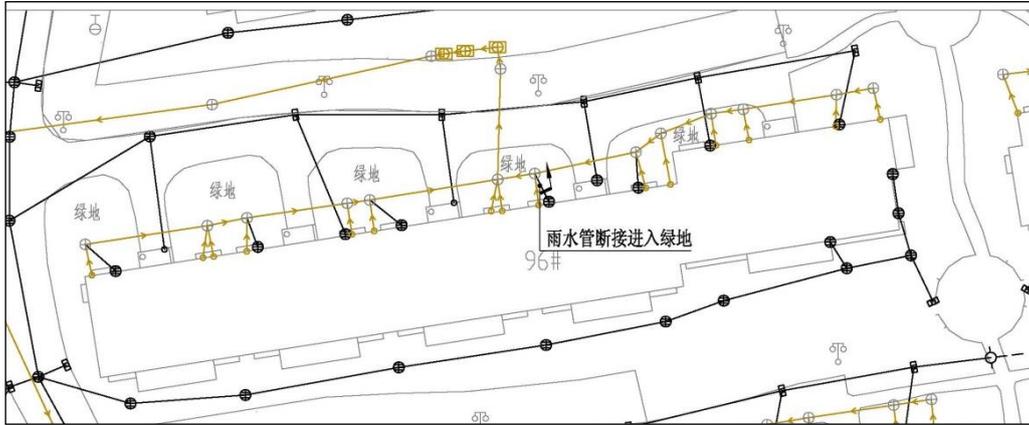


图 10 雨水引入绿地

(2) 建筑两侧实施的雨废合流阳台立管及污水接入雨水立管

通过保留原有立管作为废水管用，重新增加一条雨水立管实现雨废分流，详见如下雨水收集系统改造图。

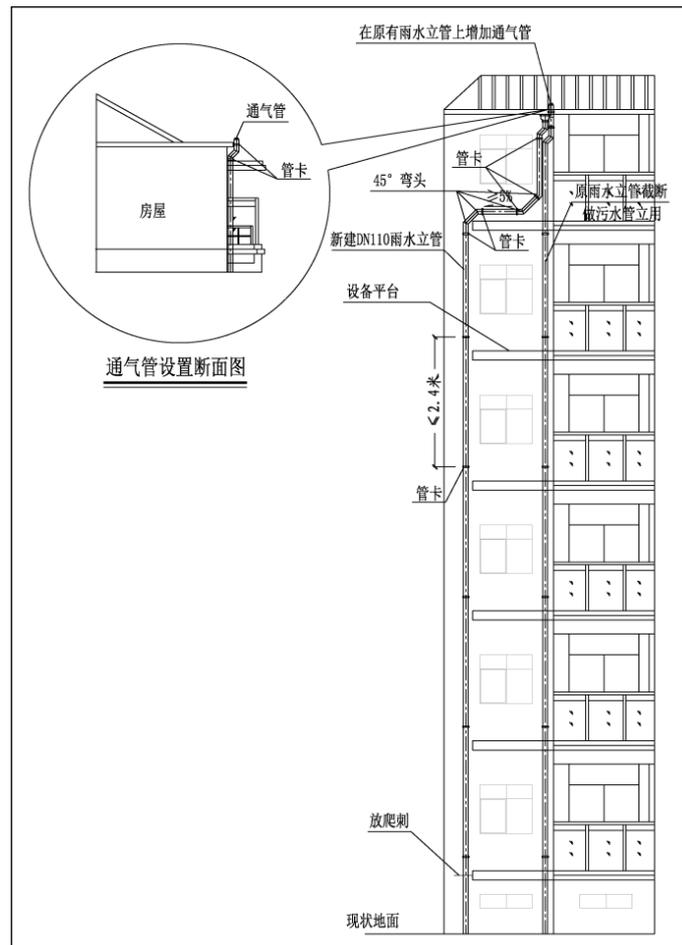


图 11 雨水立管雨废分流改造图

#### 4.6.2 雨水收集系统重建

雨水收集系统的重新构建是实现海绵城市的必要前提。本工程主要雨水径流产生于现有硬化路面、停车位及屋面，其中硬化路面、停车位雨水通过雨水口，屋面雨水通过连管快速进入雨水管道后排河。另外，绿地雨水径流通过自身消纳排放。因此，雨水收集系统的构建主要针对硬化路面、停车位及屋面雨水径流，任务是通过散排方式（如草沟、浅沟、排水沟、地表径流等）将雨水径流引入下沉式绿地、透水停车位、雨水花园等 LID 措施内实现消纳控制。

##### （1）主道路雨水收集系统构建

现状主道路为沥青路面，宽约为 6 m，两边坡，雨水两侧收集进入雨水口排放，现状排水如下图。

改造方式：根据现状情况，本次设计道路路面保持现状坡度，封堵路面雨水口，路面雨水通过侧石开孔或者取消侧石方式引入两侧绿地内实现控制消纳，再在下沉式绿地及雨水花园中设置环保溢流雨水口排放超标雨水。侧石改造等做法详见综合整治改造设计。具体改造下图。

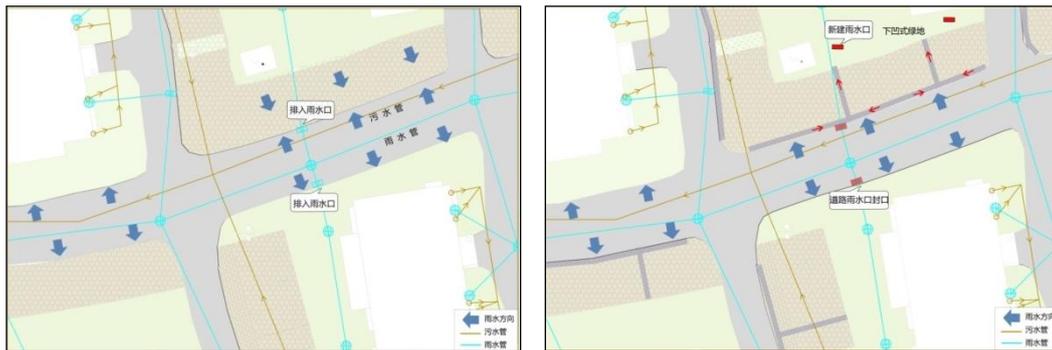


图 12 主道路现状排水图及雨水系统改造图

##### （2）屋后道路及停车位雨水收集系统构建

现状屋后道路为混凝土路面，宽为 3.5 m~4.0 m，根据现状调查可知，路面为单边坡向外侧，雨水口设置于道路外侧，收集雨水后快速排放。现状停车位为植草砖停车位，雨水就近进入附近雨水口排放，现状排水如下图。

改造方式：根据现状情况，本次设计道路路面保持现状坡度，封堵路面雨水口，停车位、路面雨水引水采用排水沟或者引水沟引入周边下沉式绿地实现控制消纳，再在下沉式绿地及雨水花园中设置环保溢流雨水口排放超标雨水。具体改造如下图。

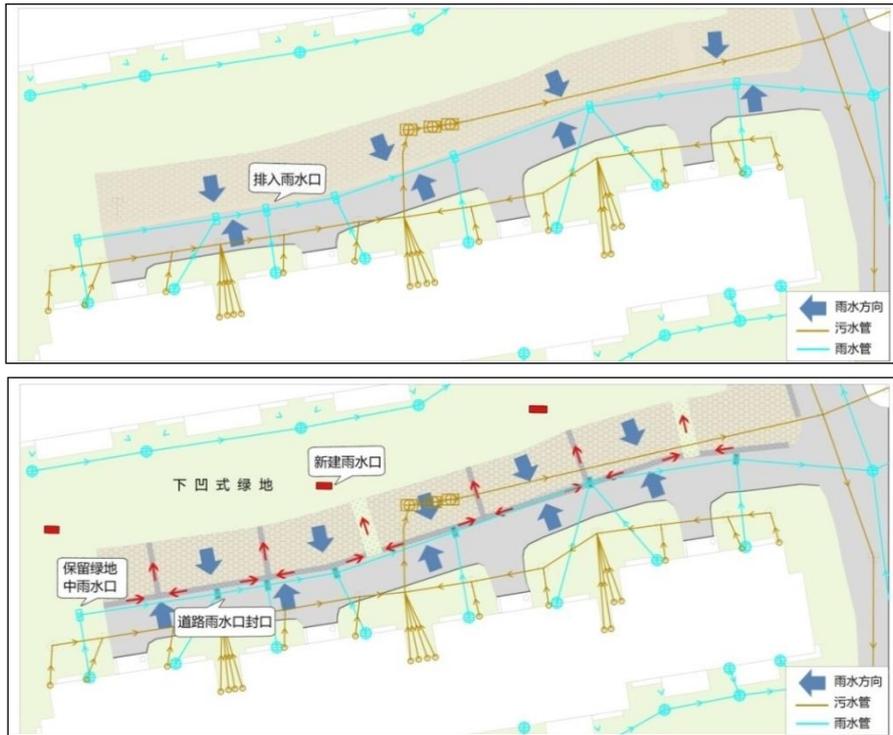


图 13 屋后道路及停车位现状排水图及雨水系统改造图

排水沟设计：排水沟设置于停车位与道路路面交界处，起到路面收水作用，断面尺寸采用  $0.25\text{ m} \times 0.1\text{ m}$  断面，坡度为  $0.3\%$ ，排水沟材质采用树脂混凝土，设计最大过水流量  $10\text{ L/s}$ 。本工程采用侧石排水沟一体化设计，排水沟隐藏于侧石内部，每个  $10\text{ m} \sim 15\text{ m}$  设置检查口。

引水沟设计：引水沟功能是将路面收集的雨水引入绿化内实现消纳控制，本次设计引水沟主要有两种形式：一种引水沟埋设于停车位下，断面尺寸采用  $0.2\text{ m} \times 0.1\text{ m}$  断面，坡度为  $0.3\%$ ，材质采用树脂混凝土；另一种引水沟设置在停车位之间，采用下凹草沟形式。

侧平石排水沟一体式结构断面详见下图，为便于施工，平石至植草砖车位  $1\text{ m}$  宽度范围内翻修改造，侧平石排水沟一体式放置后开挖处植草砖重新铺设。排水设施铺设开挖  $2055\text{ m}^2$ 。植草砖重新铺设  $1160\text{ m}^2$ 。



图 14 排水沟、引水沟设计示意图

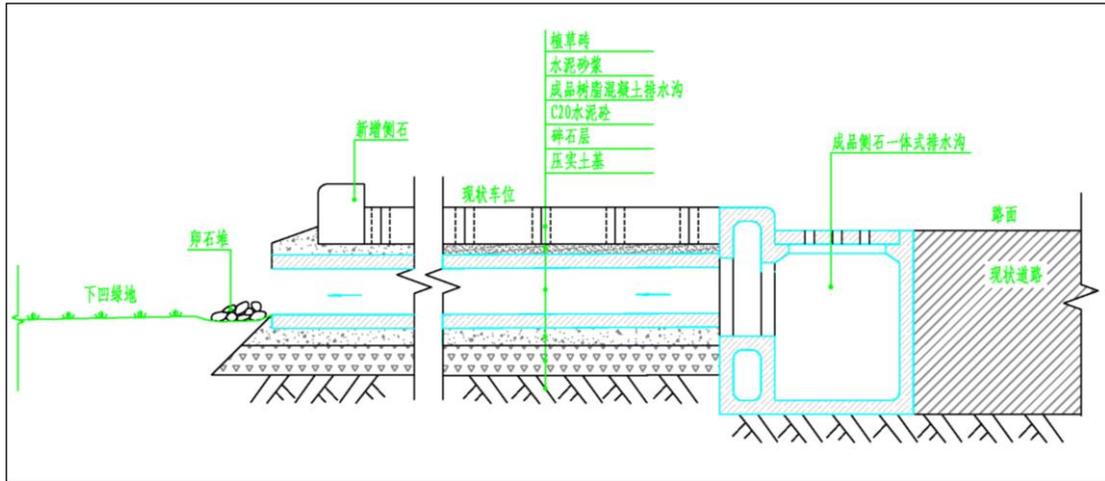


图 15 排水沟、引水沟设计断面图

### (3) 建筑屋面雨水收集系统构建

现状建筑雨水落水管均通过落水井就近排入附近雨水系统，在雨水落水管附近均有绿化带。

改造方式：根据现状情况，本次屋面雨水收集采用雨水立管断接，就近引入下部下凹绿化的方式实现消纳控制。少数房屋侧面因绿地较窄，落水管采用高位花坛断接的形式将雨水引入至屋前绿地内进行处理。具体改造图如下：

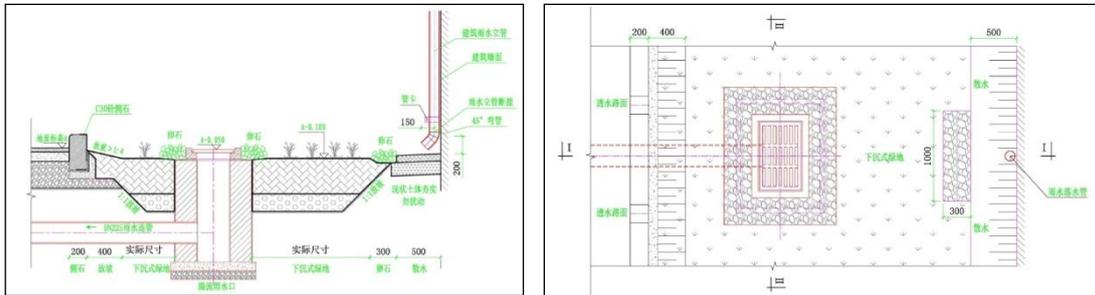


图 16 雨水落水管断接剖面图及断接平面设计图

## 4.7 典型设施节点设计



图 17 入口处雨水花园设计图、中心区域下沉式广场及生态驳岸设计图

## 5 建成效果评价

### 5.1 模型模拟

通过 SWMM 模型对改造后的雨水排水情况进行模拟，本项目范围内总汇水面积约 86635 m<sup>2</sup>，区域内总降雨量为 63113 m<sup>3</sup>，改造后总外排量为 9701 m<sup>3</sup>，即径流总量控制率为 84.6%，满足年径流总量控制率目标 80% 要求。详细指标对比见下表：

表 2 建设前后效果对比

阶段/控制指标	年径流总量控制率 (%)	雨水径流 SS 污染控制率 (%)	污水收集率 (%)	雨水管渠重现期 (年)
设计目标	80	≥40	100	2 年一遇
建设效果	84.6	71	100	3 年一遇



图 18 SWMM 模型子汇水区域划分图

### 5.2 监测效果

考虑降雨的随机性及时空差异等特征，为确保评估的科学合理，本文依托嘉兴市气象部门认定的典型年降雨数据（2014 年，1269.5 mm），结合嘉兴市海绵城市建设试点区规划目标要求，即年径流总量控制率对应的设计降雨作为评估依据，计算公式如下：

$$R = \omega h$$

式中：

$R$ ——实际控制降雨量，mm；

$\omega$ ——地块监测年份的年径流总量控制率，%；

$h$ ——监测时段内同步采集到的降雨总量，mm；

$$R_A = 1269.5 w_A$$

式中：

$R_A$ ——表示设计年控制降雨量

$w_A$ ——表示设计年径流总量控制率

当  $R \geq R_A$  时，即判断典型项目或者连片试点区的年径流总量控制率满足控制目标要求。

本项目通过在校内改造下沉式绿地、生物滞留带、透水铺装等措施控制雨水，在小区五个排口各布设 1 台流量计，以监测小区改造效果。在监测期间内，监测点位布置及流量计监测设备的日累积流量变化，如下图所示。



图 19 监测点位布置图

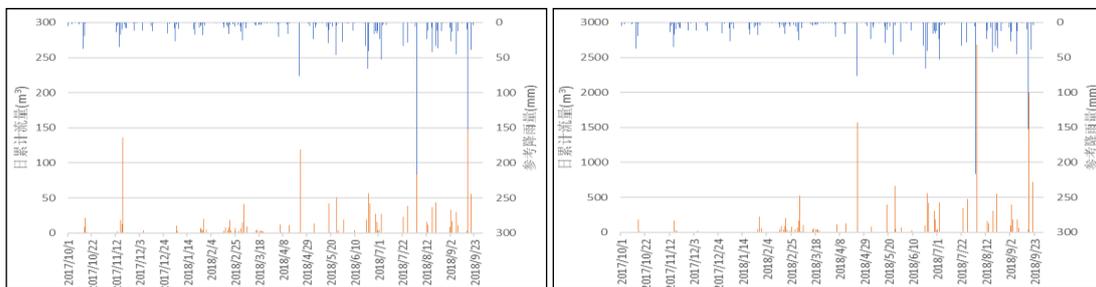


图 20 1、2 号排口流量计监测设备日累积流量变化图

府南花园三区小区以威家北港为界，划分为一区和二区：一区占地面积  $6.63 \text{ hm}^2$ ，年径流总量控制率目标值为 82.7%，对应设计降雨量 32 mm；二区占地面积  $2.03 \text{ hm}^2$ ，年径流总量控制率目标值为 74.7%，对应设计降雨量 20 mm。利用

雨水排口的五台流量计监测的流量数据和市政府的雨量计数据将上文中年径流总量控制率计算方法,作为该项目年径流总量控制率的评估验证,评估结果如下:

表3 一区年径流总量控制率计算结果表

序号	监测点位	出流量 ( $\text{m}^3$ )	降雨量 (mm)	汇水面积 ( $\text{hm}^2$ )	总控制降雨量 (mm)	设计控制降雨量 (mm)
1	2号排口	15919.641	1833.5	6.63	1427.38	1049.71
2	5号排口	11006.091				

表4 二区年径流总量控制率计算结果表

序号	监测点位	出流量 ( $\text{m}^3$ )	降雨量 (mm)	汇水面积 ( $\text{hm}^2$ )	总控制降雨量 (mm)	设计控制降雨量 (mm)
1	1号排口	1629.597	1833.5	2.03	1298.13	948.17
2	3号排口	7739.62				
3	4号排口	1498.741				

通过计算评估,得到在2017年10月1日至2018年9月30日的监测时段内,小区一区的实际控制降雨量为1427.38 mm,超过了按照典型年降雨折算的设计控制降雨量1049.71 mm;小区二区的实际控制总流量为1298.13  $\text{m}^3$ ,超过了按照典型年降雨折算的设计控制流量948.17  $\text{m}^3$ 。满足年降雨总量控制目标,即达到设计年径流总量控制率指标要求。

### 5.3 景观效果



图21 沿河航拍图



图 22 沿河绿地改造前后



图 23 宅间绿地改造前后



图 24 沿河驳岸改造前后



图 25 宅间园路改造前后

## 6 项目总结

### 6.1 项目难点

本项目为典型的老旧居住小区海绵城市改造类项目，地下管线情况极为复杂，且现状雨污水管道年久失修，部分管道存在破损及淤积情况，为实现彻底的雨污分流，在项目建设初期开展了详细的管网普查工作，并在施工过程中对出现的新问题做出及时的调整。

### 6.2 新材料、新工艺

本工程中应用了自主专利产品平石一体化排水渠来引流硬质路面的雨水至绿地，实现景观和功能的协调性。在雨落管上设置防鼠拍门，防止老鼠爬进雨水管。在雨水花园、湿塘中设置太阳能防蚊灯，有利于对生态环境的保护。

### 6.3 项目施工

采用低影响开发理念设计的工程，需要施工方更精细地施工，特别在竖向施工方面，设计单位必须做好施工配合和指导工作，对施工成果严格把关，确保设计意图能够实现。

### 6.4 项目运维

小区内绿色设施和灰色设施由府南三区内部物业进行维护管理，费用由小区物业支出。

### 6.5 项目成效

通过本项目的实施，府南花园三区小区在水安全、水生态、水环境等方面得到较好的改善和提升。

**水安全：**通过雨水系统和源头低影响开发雨水系统的构建，小区雨水管道排水能力由2年一遇标准提升至3年一遇。

**水生态：**各项低影响开发措施的设置，从源头上减少了雨水径流量和削减了雨水径流污染，实现了年径流总量控制率达到80%以上的设计目标，改善了周边区域的水环境质量。

**水环境：**通过排水系统的改造，整治了雨污混接现象，每年可以减少入河污水1825 m<sup>3</sup>。

### 6.6 示范意义

本工程的实施可为今后老旧小区类海绵城市改造建设项目提供规划、设计和施工等方面的参考经验，以及详尽和丰富的低影响开发措施在降雨中实测验证数据。

# 3

## 台州湾循环经济产业集聚区东部新区公租房项目

**项目位置：**台州湾循环经济产业集聚区东部新区的中部工业区

**项目规模：**31766 m<sup>2</sup>

**开工时间：**2018 年 7 月



随着海绵城市建设理念的提出，台州湾循环经济产业集聚区东部新区在项目建设中迅速植入海绵城市理念。根据《台州市海绵城市专项规划》，在台州市海绵城市建设中优先启动示范区的建设，2020 年完成部分示范项目，近期建设范围内达到海绵城市建设目标的面积占建成区的 25%。公租房项目作为东部新区首批海绵城市建设项目，在设计之初定位较高，既注重提高小区环境舒适度，也注重增强小区排涝能力，本项目的建设有助于推进东部新区海绵城市建设的进程。

### 1 基本情况

#### 1.1 区位分析

本项目为新建项目，位于台州湾循环经济产业集聚区东部新区的中部工业区内，北起蓬北大道，南至辉煌路，西起聚英路，东至规划用地边界线。规划建设用地面积 31766 m<sup>2</sup>，绿地率为 30%。



图 1 公租房项目区位图

## 1.2 场地条件

### 1.2.1 用地类型

本项目下垫面类型包括建筑屋面、小区道路、硬质铺装和绿地等。其中，屋面面积 9410 m<sup>2</sup>，道路面积 6740 m<sup>2</sup>，铺装面积 5213 m<sup>2</sup>，绿地 10403 m<sup>2</sup>。小区集中绿地为设置在中间一块下沉式风筝草坪。



图 2 公租房平面图

### 1.2.2 竖向与管网条件

项目场地整体较平整，地形中间高四周低，建筑标高比周边道路高 0.30 m~0.50 m。场地内最低点标高 4.064 m，最高点标高为 4.50 m，道路横坡为 1.5%。

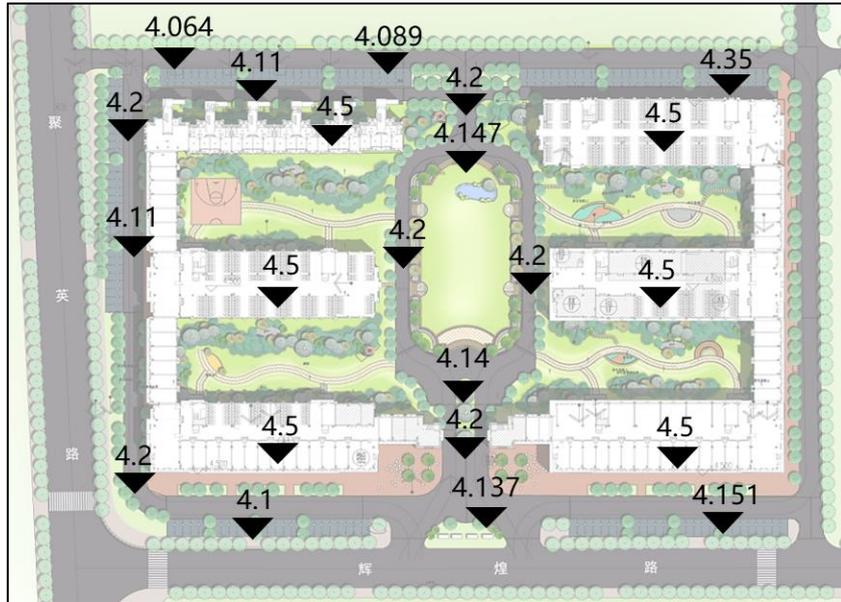


图3 公租房项目竖向分析图

项目区域采用分流制排水系统，雨水管渠设计重现期2年一遇。东边雨水接入规划道路市政雨水管网，西侧雨水接入聚英路市政雨水管网，北侧雨水排至小区中心草坪下水调蓄设施，溢流雨水接入南侧辉煌路市政雨水管网。

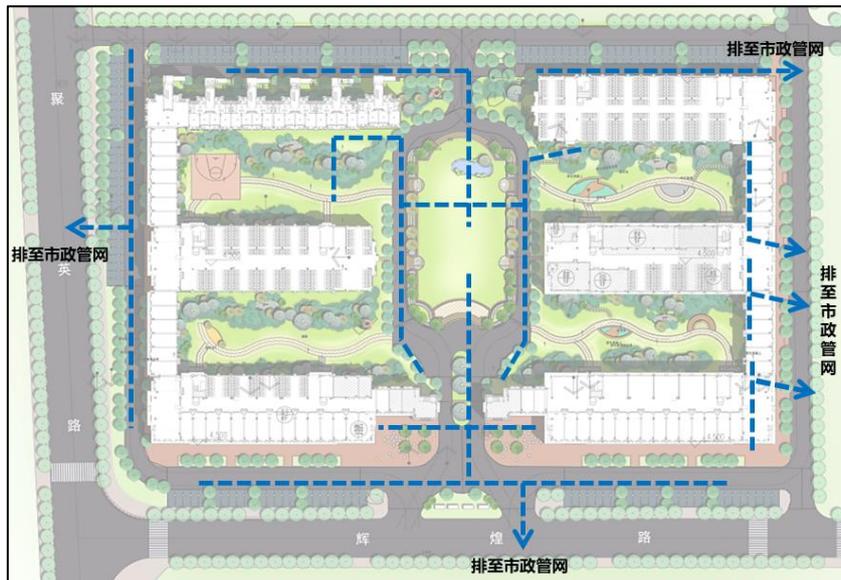


图4 公租房项目雨水官网分布图

### 1.3 气候条件

台州湾循环经济产业集聚区东部新区位于台州市东部，东部濒临东海。属亚热带季风气候，四季分明，受海洋水体调节和高山对寒流的阻滞，区域内夏少酷热，冬无严寒，气候温和湿润，冬季平均气温低于10℃，夏季高于22℃。夏季受热带海洋气团控制，炎热多雨，呈热带气候特征。冬季受极地大陆气团控制，天气温凉，具亚热带气候特征。

区域内雨量充沛，年降水量介于 1185 mm~2029 mm 之间，多年平均降水量 1632 mm。年平均降水日 132 d~171 d。年内降水集中在两个明显的雨期：6 月下旬至 7 月下旬，为“梅雨期”，平均降雨量约占全年降水量的 20%；8 月上旬至 9 月中旬，为“台风雨期”，平均降水量约占全年降水量的 23%。6~9 月多年平均降水量均占全年总量的 55%。

#### 1.4 工程地质条件

区域内土质为椒江冲海积母质发育而成的滨海盐土。靠近海边的土壤为淤泥质黏土，渗透性能极差。受涌潮影响，沉积物（土粒）经大冲大淤，反复漂洗，十分匀细。0.05 mm~0.01 mm 的粗粉粒含量大于 70%。土壤干时松散，遇水汀板，虽承载力大，但抗冲性差，极易流失，土壤和地下水中含有盐分。

## 2 问题与需求分析

### 2.1 土壤地质渗透性差

东部新区地处沿海地区，土质为椒江冲海积母质发育而成的滨海盐土，靠近海边的土壤为淤泥土质，渗透性极差，不利于雨水的自然渗透。

### 2.2 居住区人居环境需提升

本项目需通过合理的绿化植物配比将全面提升小区的人居环境质量，并通过新建海绵设施使径流雨水得到有效排放，大幅改善居民出行环境。

### 2.3 需建立雨水回收利用系统

本项目由于靠近海边，淡水资源较为宝贵，若采用市政用水提升灌溉成本较大，因此需要对雨水进行有效的收集利用，通过一系列的调蓄设施能提高雨水调蓄回用利用率，补充淡水资源。

## 3 海绵城市建设目标与原则

本项目结合海绵城市建设理念，采用各种 LID 设施组合的方式将“渗”、“滞”、“蓄”、“净”、“用”、“排”海绵理念融入项目的排水和景观设计中，用以控制地表径流。在结合《东部新区海绵城市建设专项规划》制定的目标及定位的前提下，因地制宜地开展系统设计。

### 3.1 建设目标

#### （1）年径流总量控制率目标

根据《东部新区海绵城市建设专项规划》，集聚区新建住宅小区年径流总量控制率目标须达到 75%。

#### （2）污染物削减目标

根据《东部新区海绵城市建设专项规划》，面源污染削减率（以SS计）达到50%以上。

### （3）雨水生态排放，居住环境提升目标

通过LID设施的建设，实现雨水生态排放，因地制宜地采用景观植物的配比组合来提升公租房的人居环境质量。

## 3.2 设计原则

### （1）理念转变——生态为本、自然循环

改变传统思维和方法，对雨水径流实现由“快速排除”、“末端集中”向“慢排缓释”、“源头分散”的转变，充分发挥山水林田湖的生态本底对降雨的积存和渗透作用。

### （2）系统实施——因地制宜、回归本底

根据降雨、土壤、地形地貌等因素和经济社会发展条件，综合考虑水资源、水环境、水生态、水安全等方面的现状问题和建设需求，坚持问题导向与目标导向结合，因地制宜地采取“渗、滞、蓄、净、用、排”等技术措施。

### （3）集中与分散相结合

设计范围内，有条件的区域集中布置LID设施，其他地方分散建设LID设施。采用集中分散相结合的原则共同建设海绵城市以达到东部新区海绵城市建设目标。

### （4）功能与景观相结合

推广绿色雨水基础设施，在设计中要重视和兼顾景观效果，实现环境、经济和社会综合效益的最大化。

### （5）绿色与灰色相结合

通过源头减排、过程控制和末端处理等技术措施，优先利用绿色雨水基础设施，并重视地下管渠等灰色雨水基础设施的建设，灰绿结合，共同建设海绵城市。

## 4 海绵城市建设工程设计方案

### 4.1 设计流程

具体设计流程如下图所示：

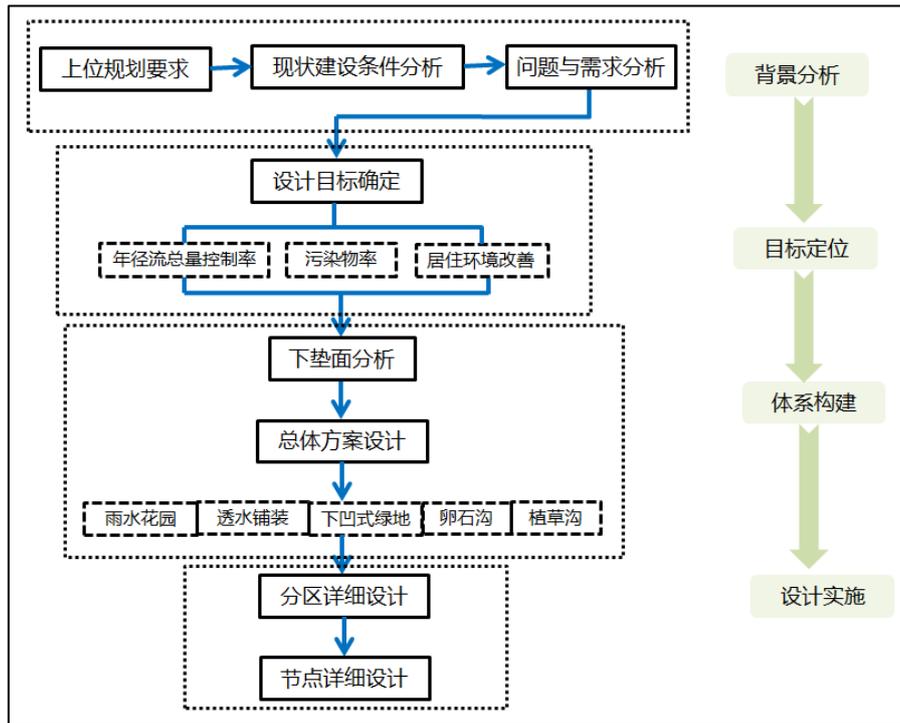


图 1 设计流程图

## 4.2 设计降雨

### 4.2.1 设计容积控制量

根据《东部新区海绵城市建设专项规划》中东部新区年径流总量控制率和设计降雨量对应关系(表 1), 得知 75% 年径流总量控制率对应的设计降雨量为 26.5 mm。

表 1 年径流总量控制率对应设计降雨量关系表

年径流总量控制率 (%)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
设计降雨量 (mm)	11.3	13.4	15.8	18.7	22.3	26.5	32.7	41.0	56.1	92.4

## 4.3 总体方案设计

### 4.3.1 现状分析

#### (1) 综合雨量径流系数

将项目下垫面分为屋面、绿地、道路和铺装四种形式, 根据《浙江省海绵城市设计导则》, 各下垫面的综合径流系数如下表所示。

硬质路面雨水径流系数取 0.85; 屋面雨水径流系数取 0.85; 透水铺装雨水径流系数取 0.35; 绿化的雨水径流系数取 0.15。加权平均得到公租房现状下垫面综合雨量径流系数  $\Phi = (\varphi_{\text{屋面}} F_{\text{屋面}} + \varphi_{\text{道路}} F_{\text{道路}} + \varphi_{\text{铺装}} F_{\text{铺装}} + \varphi_{\text{绿化}} F_{\text{绿化}}) / F_{\text{总}} = 0.64$ 。

表2 径流系数表

下垫面类型	雨量径流系数	流量径流系数
硬屋面、沥青屋面、未铺石子的平屋面	0.8~0.9	1
铺石子的平屋面	0.6~0.7	0.8
绿化屋面	0.3~0.4	0.4
混凝土和沥青路面	0.8~0.9	0.9
块石等铺砌路面	0.5~0.6	0.7
干砌砖、石及碎石路面	0.4	0.5
非铺砌的土路面	0.3	0.4
绿地	0.15	0.25
水面	1	1
地下建筑覆土绿地（覆土厚度 $\geq 500$ mm）	0.15	0.25
地下建筑覆土绿地（覆土厚度 $< 500$ mm）	0.3~0.4	0.4
透水铺装地面	0.29~0.36	0.29~0.36

## (2) 设计径流总量控制量

根据《海绵城市建设指南--低影响开发雨水系统构建（试行）》中容积法：

$$V=10H\phi F$$

计算得到公租房所需控制的调蓄容积为  $579.4 \text{ m}^3$ 。



图6 现状下垫面分析图

## 4.3.2 汇水区域划分

根据场地汇水方向及雨水管网分布，本项目将公租房分为 27 个子汇水分区，如下图所示：

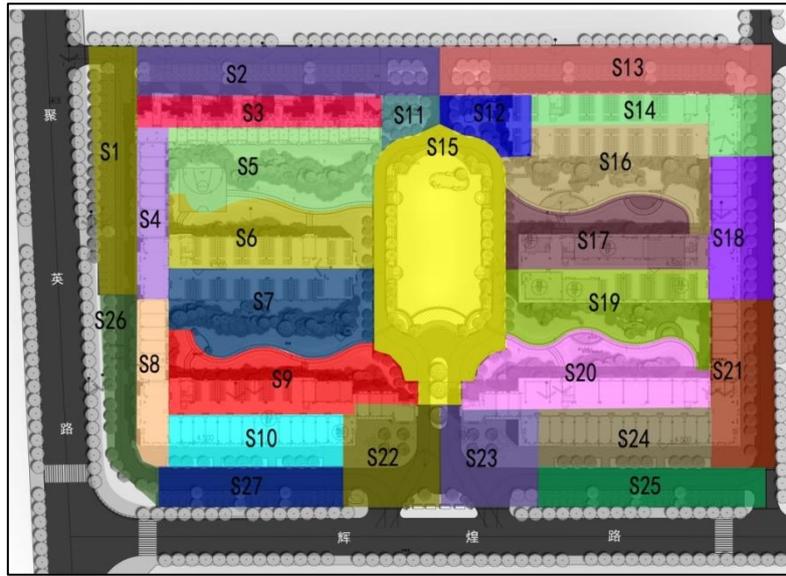


图 7 汇水区域划分

各汇水分区调蓄容积计算结果如下表所示：

表 3 各汇水分区调蓄容积计算表

汇水分区编号	总面积 (ha)	综合雨量径流系数	需要控制体积 (m <sup>3</sup> )
S1	0.11	0.62	19.44
S2	0.15	0.65	27.79
S3	0.08	0.53	12.08
S4	0.06	0.81	13.85
S5	0.17	0.39	18.90
S6	0.13	0.60	22.23
S7	0.17	0.49	23.74
S8	0.06	0.74	12.65
S9	0.15	0.62	26.51
S10	0.09	0.75	19.24
S11	0.02	0.33	1.88
S12	0.05	0.65	9.26
S13	0.17	0.73	35.37
S14	0.09	0.85	21.80
S15	0.33	0.87	81.82
S16	0.16	0.47	21.43
S17	0.13	0.61	22.60

汇水分区编号	总面积 (ha)	综合雨量径流系数	需要控制体积 (m <sup>3</sup> )
S18	0.06	0.79	13.51
S19	0.15	0.53	22.66
S20	0.16	0.55	25.08
S21	0.11	0.72	22.57
S22	0.10	0.64	18.24
S23	0.10	0.64	18.24
S24	0.11	0.77	24.14
S25	0.09	0.65	16.67
S26	0.07	0.91	18.15
S27	0.08	0.66	15.05
总计	<b>3.18</b>	<b>0.65</b>	<b>589.10</b>

#### 4.3.3 设施选择及总体布局

为达到 75% 年径流总量控制率的目标,本项目分别在各子汇水分区分散设置雨水花园、透水铺装、下沉式绿地、卵石沟及植草沟等 LID 设施,通过源头减排的方式来降低设计范围内的径流量,削减径流污染。



图 8 海绵设施平面布置图

根据《绿色建筑标准》(DB33/1092-2016)要求:规划用地面积大于等于 20000 m<sup>2</sup> 的新建项目应采取雨水回用设施,雨水收集面积不小于项目规划用地的 1/3。因此本项目在场地中心的下沉式风筝广场设置 1 座蓄水池。整个场地共布置五种海绵设施,雨水花园 230 m<sup>2</sup>,透水铺装 4300 m<sup>2</sup>,植草沟 1700 m<sup>2</sup>,

生物滞留设施 1950 m<sup>2</sup>，卵石沟 320 m<sup>2</sup>，调蓄池 114 m<sup>2</sup>。具体 LID 设施布置如图 8 所示。

经过设计改造，屋面、道路及铺装雨水优先进入雨水花园、传输性植草沟及生物滞留带等 LID 设施，溢流雨水再进入小区室外雨水管网，雨水管网与蓄水池连通，蓄水池溢流的雨水则进入周边道路的市政雨水系统。

#### 4.4 分区详细设计

以 S16 子汇水分区为例，进行 LID 设施布局与径流控制量计算，对分区内年径流总量控制率以及达标情况等进行评估核算。

##### 4.4.1 设施选择及总体布局

S16 汇水分区内布置的 LID 设施有雨水花园、传输性植草沟、透水铺装以及卵石沟。分区内建筑雨水经雨落管断接进入建筑周边的雨水花园内，雨水花园溢流雨水进入室外雨水管道。小区道路雨水坡向周边卵石沟及传输性草沟，最后进入下沉式广场的蓄水池。



图 9 S16 LID 设施分布详图

##### 4.4.2 年径流总量控制率计算

S16 子汇水分区用地面积为 1649.5 m<sup>2</sup>，用地类型包括硬质路面、绿化、透水铺装和屋面。经计算，该汇水分区需控制的体积为 21.43 m<sup>3</sup>。S16 子汇水分区采用的 LID 设施为雨水花园、植草沟、卵石沟和透水铺装。

雨水花园滞蓄深度为： $(0.2+0.6\times 0.2+0.4\times 0.3)\times 0.5=0.22$  m，其中表层下凹蓄水深度为 0.2 m，换填介质土厚度为 0.6 m，孔隙率为 0.2，砾石层厚度为 0.4 m，孔隙率为 0.3，雨水花园综合折扣为 0.5。

植草沟滞蓄深度为： $0.2 \times 0.8 = 0.16 \text{ m}$ ，其中 0.2 为下凹深度，0.8 为下凹绿地下凹面内植物、构筑物等引起的折扣。

卵石沟滞蓄深度为： $0.4 \times 0.3 = 0.12 \text{ m}$ ，其中卵石层厚度为 0.4 m，0.3 为空隙率。

透水铺装的结构层为 0.1 m 的面层加 0.6 m 的换填碎石，普通情况下不计算调蓄容积，仅取雨量径流系数 0.35。经计算，分区 S16 中 LID 设施径流有效控制容积如下表所示：

表 4 S16 LID 设施有效控制容积表

序号	设施类型	面积 ( $\text{m}^2$ )	有效滞蓄深度 (m)	算法	数值 ( $\text{m}^3$ )
1	雨水花园	38	0.22	$V=A \times H$	8.36
2	植草沟	64	0.16		10.24
3	卵石沟	29	0.12		3.48
合计					<b>22.1</b>

根据汇水分区 S16 的有效控制容积，算出 S16 分区的年径流总量控制率如下表所示：

表 5 S16 年径流总量控制率计算表

子汇水区编号	面积/ $\text{m}^2$	LID 设施					雨量径流系数	LID 控制体积/ $\text{m}^3$	控制雨量/mm	年径流总量控制率/%
		雨水花园/ $\text{m}^2$	植草沟/ $\text{m}^2$	下沉式绿地/ $\text{m}^2$	卵石沟/ $\text{m}^2$	透水铺装/ $\text{m}^2$				
S16	1649.5	38	64	0	29	138	0.47	22.1	34.4	82.88

按照分区 S16 有效控制容积和年径流总量控制率计算方法，分别计算 27 个子汇水分区的有效控制容积和年径流总量控制率，计算结果如下表所示。从下表可知，区域年径流总量控制率为 79.52% 大于规划要求的 75%，能够满足要求。

#### 4.4.3 局部节点设计

##### (1) 雨水花园

雨水花园主要布置在绿化面积较充裕处，雨水花园中设置盲管和溢流雨水口，并设置防水土工布。本设计根据绿化面积分布，考虑在 6#、5#、1#、2# 南侧设置 4 个雨水花园。雨水花园中间下凹部分换介质土，溢流口的溢流水位高于底部 20 cm，具体做法如下所示。

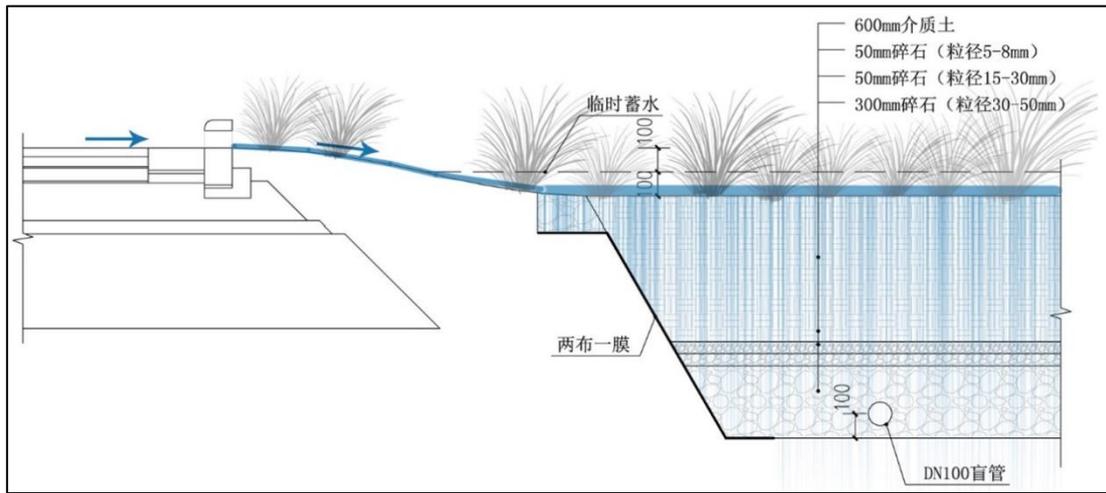


图 10 雨水花园大样图

### (2) 植草沟

植草沟主要布置在绿化面积较狭长处，植草沟中设置溢流管和渗井，雨水通过植草沟进入渗井，再经渗井溢流进入室外雨水管网系统。

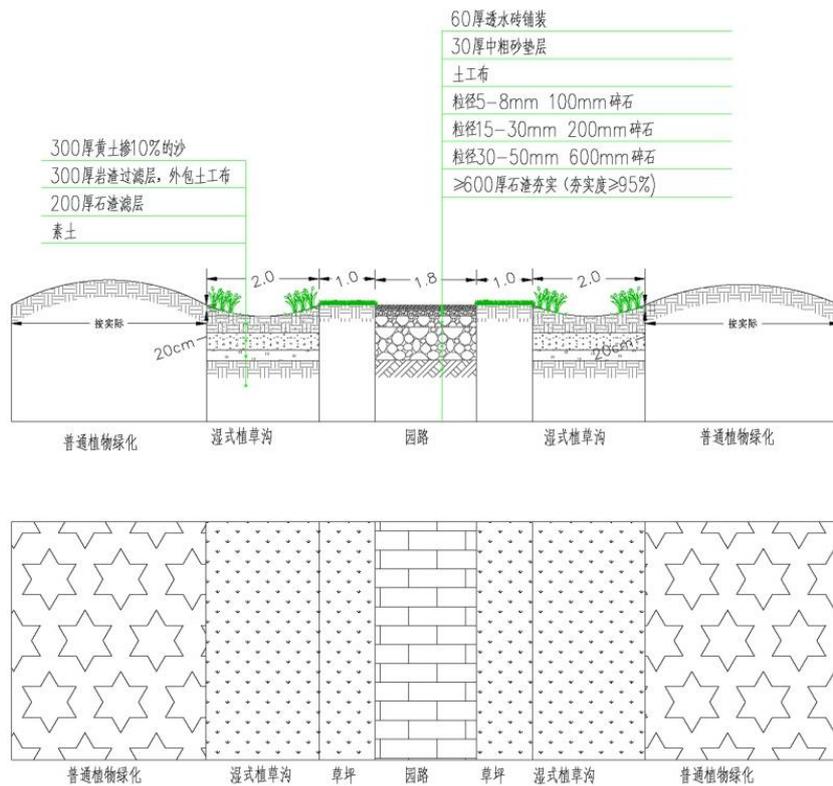


图 11 植草沟大样图

### (3) 下沉式绿地

本设计的下沉式绿地为在有铺装的地面上栽种树木时，在树木周围保留的一块没有铺装且土壤标高低于周边铺装的土地，可吸纳来自人行道、停车场和街道的雨水径流。

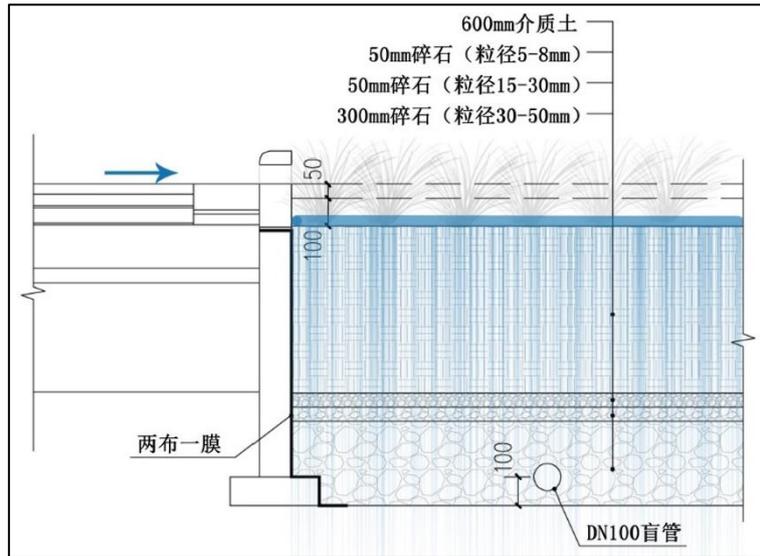


图 12 下沉式绿地大样图

#### (4) 卵石沟

建筑雨落管，通过设置卵石沟将分散的雨水收集，卵石沟内设置溢流口，与雨水管道系统连接，最后接至蓄水池。考虑集聚区特殊的地质情况，对卵石沟进行特殊处理，防止沉降。

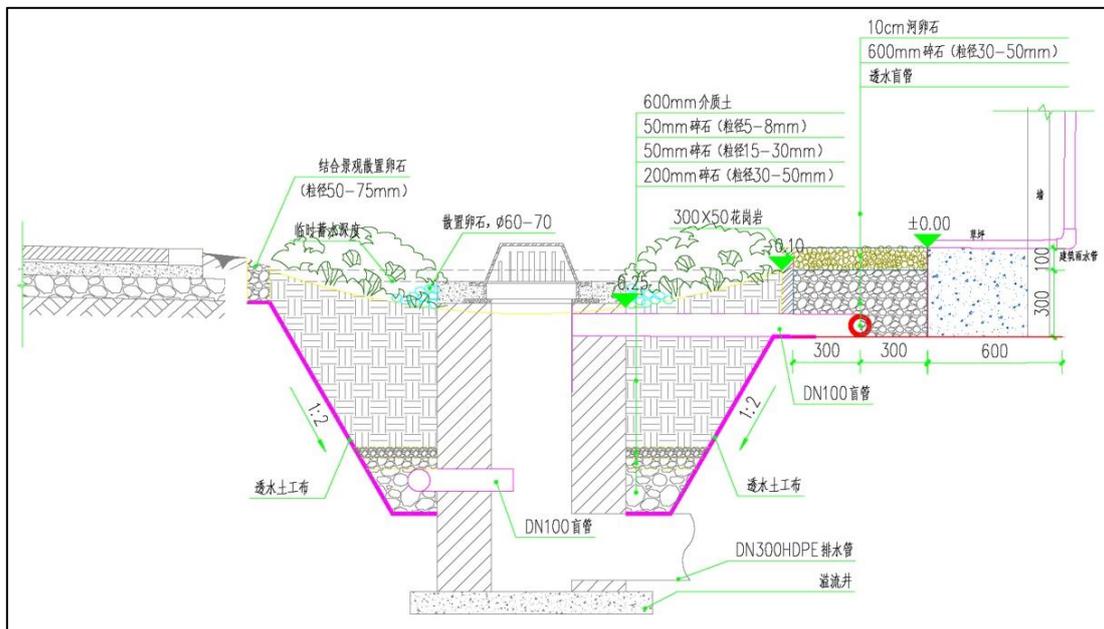


图 13 卵石沟与雨水花园连接大样图

## 5 建设效果

本项目海绵城市工程于2018年7月初启动，以下为施工过程及设计效果图。

## 5.1 施工过程



图 14 下沉式绿地施工图



图 15 雨水收集沟施工图



图 16 透水铺装施工

## 5.2 项目设计效果

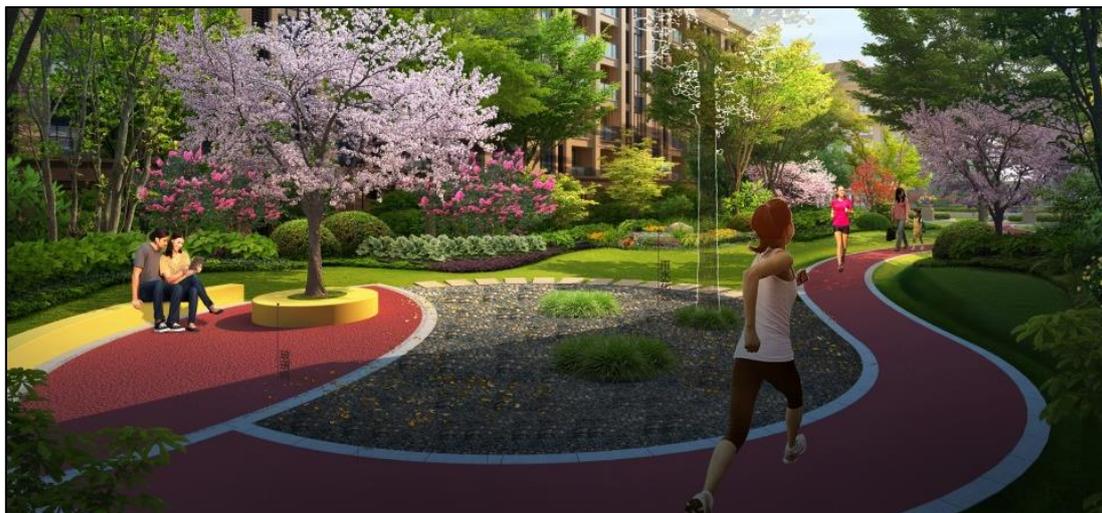


图 17 透水铺装效果图



图 18 下沉式绿地效果图



图 19 海绵型绿地

### 5.3 工程造价

根据本项目的实际经验，海绵工程采用的相关材料与传统工程相比本质上并无太大区别，但是对材料本身的个别指标上有特殊要求，如：渗透换填土要求与传统工程有所不同，海绵的部分绿化需采用水生植物，海绵溢流井井盖需采用新型铸铁溢流井盖。从海绵设施的设计角度出发，本项目主要还是利用传统材料的相关特性，使其在海绵城市设计的相关环节发挥特定作用。

此外，传统工程建设投资主要在室外配套的管线、检查井、道路和景观等方面，注重的是地下管线的高程控制。海绵城市建设项目投资主要在管线、新型检查井及井盖、道路铺装、景观绿化选择以及换填土的土质配比等方面，注重海绵设施的高程和地下管线高程的双重控制。同时，海绵城市设计的标高控制比传统工程更为细致、周全。

表 6 工程造价表

海绵设施	面积 (m <sup>2</sup> )	单价 (元)	造价 (万元)
雨水花园	231	700	16.2
植草沟	1695	150	25.5
下沉式绿地	1952	200	39
卵石沟	318	150	4.8
景观绿化	-	-	181
其他室外配套建设	-	-	860
合计	-	-	1131

## 6 项目总结

本项目建成后可提高公租房小区的排水能力，进一步改善雨水管道的排水条件，对集聚区今后即将建设的海绵项目能起到良好的示范作用。

### 6.1 项目难点

本项目建设与传统工程建设的差别不大，道路、管线的设计建设均与传统工程无异。主要难点在景观植物选配和土质换填上，具体如下：

- (1) 公租房土壤渗透性能差，需购置大量换填土以增加土壤渗透性。
- (2) 海绵设施配套的景观植物大多为水生植物，后期养护管理难度较大。

### 6.2 项目设计

海绵城市主要从竖向和景观绿化两方面打造内在和外观效果，共同提升人居

环境质量。

### （1）竖向设计

本项目海绵城市设计主要考虑海绵设施的节点标高控制，从整体方案层面把控场地竖向高程。竖向设计流程为：屋面、道路雨水→LID设施（渗透、净化、溢流）→室外雨水管网→下沉式绿地蓄水池（贮存、溢流）→市政雨水管网系统。

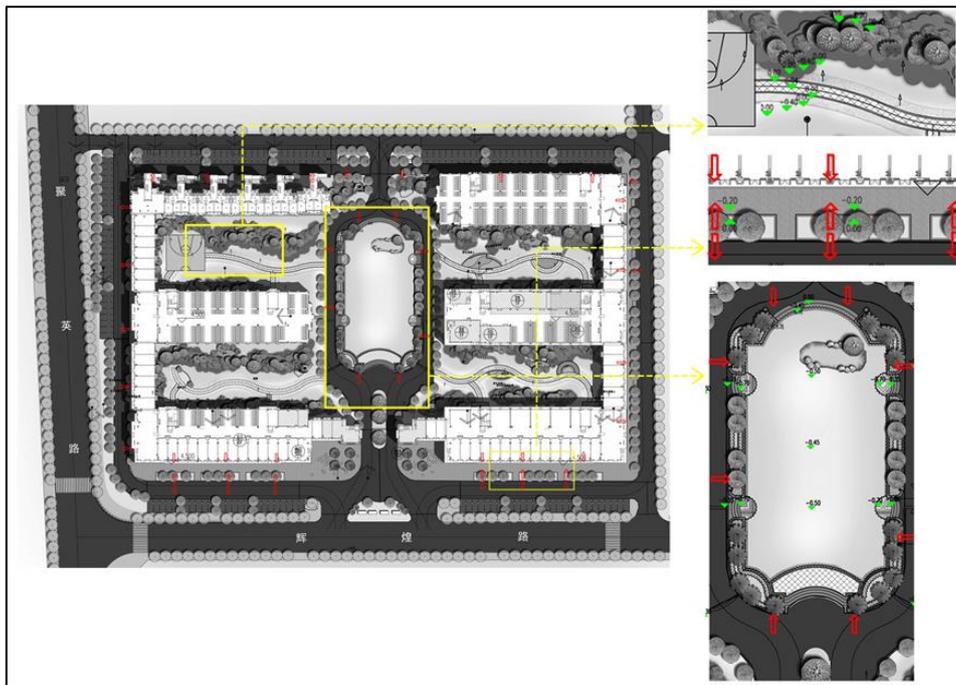


图 20 整体竖向设计平面图

### （2）景观绿化

本项目绿化种植主要以乡土树种为主，选择适合当地自然条件且耐水性好的植物种植。充分发挥植物的各种功能和观赏特性，合理配置，常绿与落叶，速生与慢生相结合，构成多层次的复合生态结构，使人工配置植物群落自然和谐。植物品种在统一的基础上力求多样，保证有丰富的季相变化。绿化设计与建筑主体相协调，在视线集中的主体建筑四周种点绿化，起到烘托主体的作用，与周边环境形成丰富的景观。绿化种植设计运用框景、障景等造景手法，创造景观层次和景观节奏。

## 6.3 海绵材料

（1）LID设施溢流口井盖采用新型铸铁溢流井盖，能阻挡大污染物进入雨水管道。溢流口井筒比最低点高程略高，能贮存一部分雨水。

（2）公租房人行道采用彩色透水混凝土铺装，使雨水能下渗进入地下，有效补充地下水。

## 6.4 项目建设

在整个项目建设过程中，集聚区土质的特殊性对项目建设的影​​响较大。其次，海绵城市作为新兴的城市建设理念，在实际施工过程中面临大部分施工单位经验不足的问题。为了更好的实施海绵城市工程的建设，在项目建设初期和中间过程，集聚区海绵办都尽量让设计人员参与现场，遇到问题积极解决，避免返工，最终如期达到海绵城市建设目标。

## 6.5 项目运维

工程验收前，对海绵设施进行全面检查，每年对溢流井进行检查，其余按照正常养护程序持续性的开展，保证每个项目海绵功能的正常运行。后期需定期对海绵的植物进行定期养护。

## 6.6 项目成效

### （1）提高了公租房项目的防洪排涝能力

通过竖向的控制和管网的合理布置，提高了场地防洪排涝能力。

### （2）控制了区域的年径流总量

降雨时，小区中心下沉式绿地中的蓄水池发挥重要的滞蓄作用。通过各种LID设施的组合，将小区的年径流总量控制率提高到79.52%。

### （3）提高了小区居住舒适度

本小区植物配置采用现代与欧式结合的方法，运用植物的观赏性创造园林意境，乔灌木高低错落有致搭配，通过空间疏密的变化，植物丰富的季相变化，不同的活动空间营造丰富多变的植物群落空间，结合不同节点特色，呈现不同植物的四季景观，体现“春之花、夏之荫、秋之果、冬之绿”，营造舒适的居住环境。

### （4）改善了水环境

道路和屋面形成的雨水径流沿地面流到路边或河边的生物滞留带后，经过过滤，进入中心下沉广场内的蓄水池，再进入雨水管网进行雨水收集，雨水管网与河道相通。生物滞留带、蓄水池的生态排水系统，能够对雨水进行有效处理，减少径流污染。

## 6.7 示范意义

作为台州湾循环经济产业集聚区东部新区首批海绵城市建设项目，公租房项目在设计之初即给予较高定位，参与设计、建设的各方都对“海绵城市”的理念进行了探索，并将理念进行实践。小区建成后，整体景观效果较好，排水较顺畅，使海绵城市既有面子又有里子。公租房项目的建成为后续类似项目的建设提供了良好的借鉴实例。

# 4

## 衢州市电信大楼以东地块海绵化改造工程

**项目位置：**衢州市柯城区，南至西安路，东至新安路

**项目规模：**12228 m<sup>2</sup>

**开工时间：**2019 年 7 月



衢州市作为浙江省 2016 年 4 个省级海绵城市试点之一，紧紧围绕建设“浙江生态屏障、现代田园城市、美丽幸福家园”的目标，以推进省级海绵城市试点为契机，切实把海绵城市理念渗透到城市规划建设与管理环节。本项目基于统筹兼顾、生态优先、因地制宜等理念对衢州市电信大楼移动地块进行雨污分流改造、低影响开发建设、景观提升改造，以缓解市政管网压力，提升景观效果，同时为衢州市“污水零直排”及“海绵城市建设”助力。

### 1 基本情况

#### 1.1 区位分析

衢州市电信大楼以东地块位于衢州市柯城区东侧，南至西安路，冬至新安路。具体位置如图 1 所示。

#### 1.2 气候降水条件

衢州市属亚热带季风气候区，降水充沛，降水地域差异明显，各地年平均降水量在 1500 mm~2300 mm 之间，沿江河谷平原在 1700 mm 以下，向两侧丘陵山地递增，南北山区降水多于中部平原，西部降水多于东部。3 月至 4 月份雨量在占全年的 23%~26%。5 月初到 6 月底，正值春末初夏季节交替，雨量、雨日剧增，总雨量在 500 mm~610 mm，是全年降水量最多又集中的时段。



## 2 问题与需求分析

(1) 项目区排水体制为雨污合流制，建设年代久远，存在管网淤积严重和破损严重等问题，且排水管网设计标准较低。

(2) 区域现状综合径流系数较大，硬质路面、屋面等不透水面积比例较大，渗透性能较差，海绵设计缺失，区域内景观效果不佳。

(3) 南侧化粪池无管道接出，存在异味，对总体办公环境存在一定的影响。

(4) 办公区域停车位布置不合理，未综合规划考虑。

(5) 绿化面积不足，绿化率较低。绿化后期管理不善，植物搭配不协调。

## 3 设计原则和目标

### 3.1 设计原则

#### (1) 水生态

通过控制源头污染排放，增加地面透水面积，缓解初期雨水面源污染，加大地表水与浅层地下水之间的连通性，提升水生态功能。

#### (2) 水安全

结合建筑、道路与广场、绿地等，优化场地竖向设计，合理布置排水管网，确保区域内涝系统的构建。

#### (3) 水环境

场地内实现雨污分流的基础上，通过海绵设施削减面源污染物，提升水环境质量，并结合景观设计，营造新型城、人、水关系。

#### (4) 水资源

通过海绵城市设施建设，进行雨水资源化利用，充分利用雨水资源作为杂用水，布设再生水回用设施及配套再生水管网，用于绿化浇灌、道路冲洗等。

#### (5) 景观优化原则

通过融入海绵元素，并与传统园林深入结合，对项目区复合型景观改造提升，体现具有环境生态和景观形象功能。

### 3.2 设计目标

结合《衢州市海绵城市专项规划》要求，本项目属改建类项目，应使得区域的外排水总量不大于改建前的水平，并满足以下要求：

#### (1) 约束性指标

1) 区域年径流总量控制率 $\geq 75\%$ ；

2) 排水管网重现期为 2~3 年一遇；

3) 内涝防治重现期为 30 年一遇。

### (2) 鼓励性指标

1) 年径流污染物削减率(以 SS 计) $\geq 50\%$ ；

2) 雨水资源利用率 $\geq 5\%$ 。

### (3) 本工程设计目标

1) 年径流总量控制率为 75%；

2) 年径流污染物削减率(以 SS 计) $\geq 50\%$ ；

3) 排水管网设计重现期为 3 年一遇；

4) 内涝防治重现期为 30 年一遇。

## 3.3 设计依据

(1) 《室外给水设计规范》（GB50013-2006）；

(2) 《室外排水设计规范》（GB50014-2006）（2016 年版）；

(3) 《建筑给水排水设计规范》（GB50015-2003）（2009 年版）；

(4) 《给水排水工程构筑物结构设计规范》（GB50069-2002）；

(5) 《给水排水工程构筑物工程施工及验收规范》（GB50141-2008）；

(6) 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》（GB50242-2002）；

(7) 《给水排水管道工程施工及验收规范》（GB50268-2008）；

(8) 《城市工程管线综合规划规范》（GB50289-2000）（2016 年版）；

(9) 《城市排水工程规划规范》（GB50318-2000）（2016 年版）；

(10) 《给水排水工程管道结构设计规范》（GB50322-2002）；

(11) 《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》（GB50400-2006）（2016 年版）；

(12) 《浙江省衢州市海绵城市专项规划（2016-2030）》；

(13) 管网普查资料；

(14) 《衢州市住建局海绵改造设计方案》；

(15) 业主提供相关资料。

## 4 海绵城市改造方案设计

### 4.1 设计流程

海绵城市设计流程如下图所示。

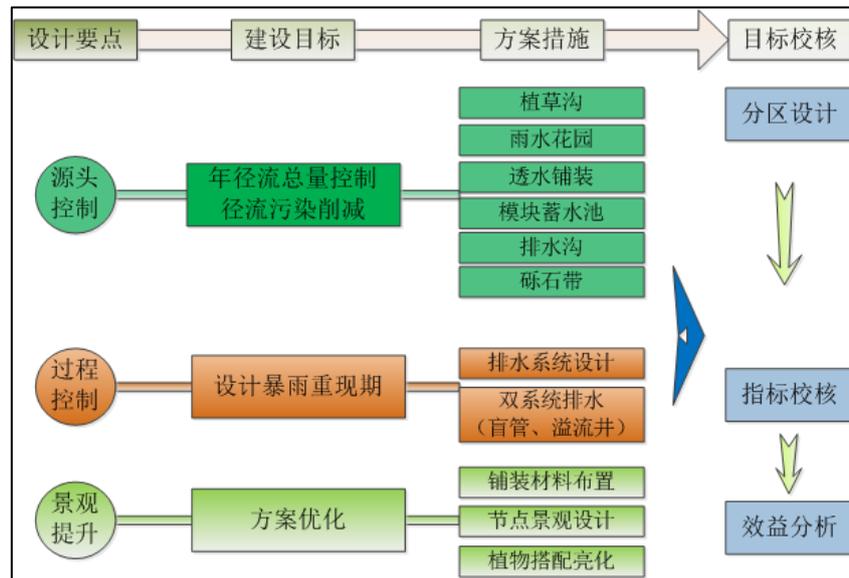


图3 设计流程图

### 4.2 设计降雨量

通过对衢州市气象局提供的近30年（1985~2014）逐日降水量资料（不包括降雪），统计分析得出衢州雨水年径流总量控制率与设计降雨量之间的关系，同时可计算出衢州不同年径流总量控制率对应的设计降雨量，见表2。

表2 多年平均径流总量控制率对应设计降雨量

多年平均径流总量控制率（%）	60%	70%	75%	80%	85%
设计降雨量（mm）	14.3	19.8	23.4	28.3	33.7

据《衢州市海绵城市专项规划》中对于本区块年净流总量控制率的要求，确定本项目年径流总量控制率为75%，对应的设计降雨量为23.4 mm。

### 4.3 总体设计

本工程根据现状已有问题，结合业主需求，按照统筹兼顾、生态优先、因地制宜等设计理念，依托雨污分流改造、低影响开发、景观提升改造三大工程对项目区域进行提升改造。

#### （1）雨污分流改造工程

从环境保护、工程建设、维护管理、校区发展、综合整治五个角度分析，雨

污分流工程可以最大限度提排水防涝能力，减少污水处理成本。结合对原有已建地下管网进行检测、普查，并对现有管网实施新建、改造或修复，确保雨污彻底分流，为雨水收集与净化提供前提条件。食堂等北侧建筑物产生的污水经北侧现有 D300 污水管收集后排入北侧市政管网，局部污水管网新建；南侧及东侧建筑物产生的污水，通过新建污水管网收集后排入南侧市政管网；雨水管网结合已有管网，局部改造，大部分新建。

## （2）低影响开发雨水系统

遵循低影响开发理念，合理控制改造强度，结合项目区内区域现状，构建以不同集雨区为子单元的生态海绵基底：不减少原有停车位数量，将停车位改为生态停车位；将主道路改为透水沥青；道路雨水通过砾石带或植草沟、路缘石开口进入雨水花园；采用系列海绵元素，控制初期雨水污染，构成区域海绵生态网络。

## （3）景观提升改造工程

项目场地历史悠久，建筑文化氛围浓厚，在保护项目区内原有特色景观基础上，对项目区部景观进行改造，将低影响开发技术融入到景观建设中，并对已有的景观进行调整优化，实现项目区海绵化改造科学合理，美观宜人。

### 4.3.1 技术路线

项目内现状主要以屋面、路面为主，径流系数大。场地内绿地面积较小，设置海绵设施较困难。屋面雨水通过砾石带、植草沟、排水沟收集后排入雨水花园或雨水管网，雨水管网内雨水部分接入模块蓄水池，回用与周边道路冲洗，绿化浇灌等。低影响开发设施的选择应因地制宜、经济有效、方便易行。

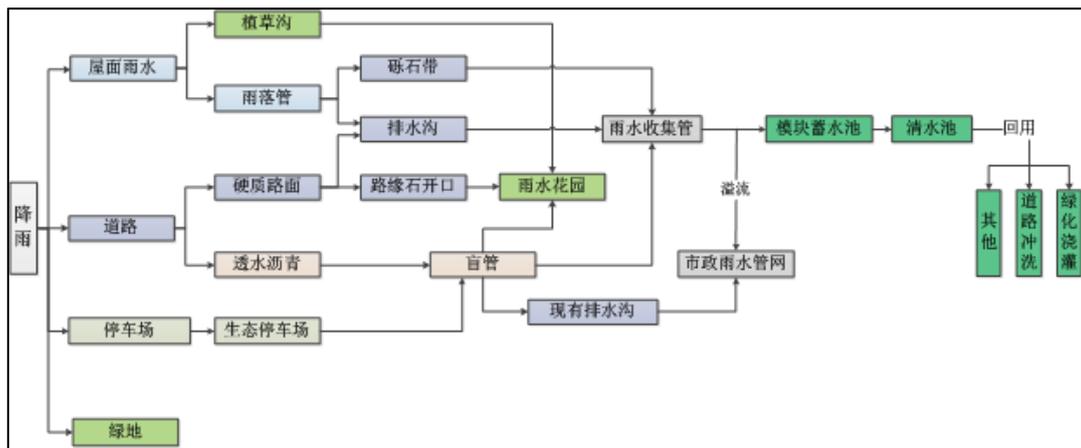


图4 海绵城市雨水系统总体技术路线图

### 4.3.2 汇水区域划分

利用场地内标高及雨水流向等情况，将电信大楼以东地块分为3个一级汇水分区。

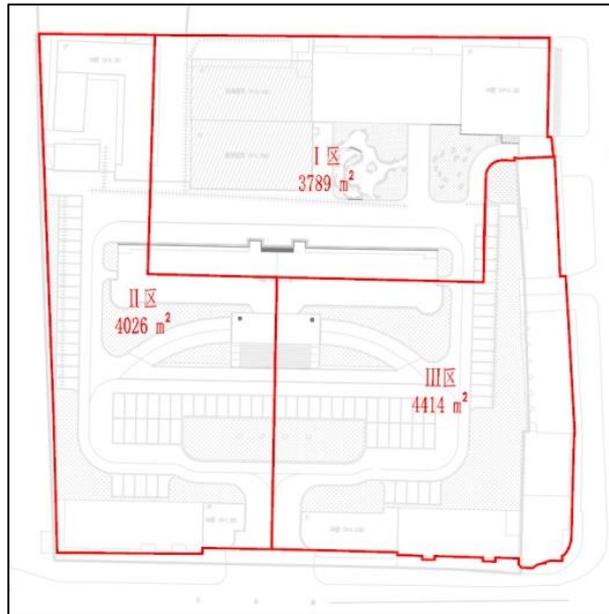


图5 电信大楼以东地块汇水分区图

表3 各汇水分区面积组成表

汇水分区	面积 (m <sup>2</sup> )	硬质屋面 (m <sup>2</sup> )	绿地 (m <sup>2</sup> )	硬质铺装 (m <sup>2</sup> )	透水沥青铺装 (m <sup>2</sup> )
I区	3788.5	1603.2	357	665.3	1163
II区	4026.0	1400	841	55	1730
III区	4413.5	1879.5	1115	55	1364
合计	<b>12228</b>	<b>4882.7</b>	<b>2313</b>	<b>775.3</b>	<b>4257</b>

### 4.3.3 总体设施布局

根据设计径流处理思路，海绵城市设施总体布局如下图所示。

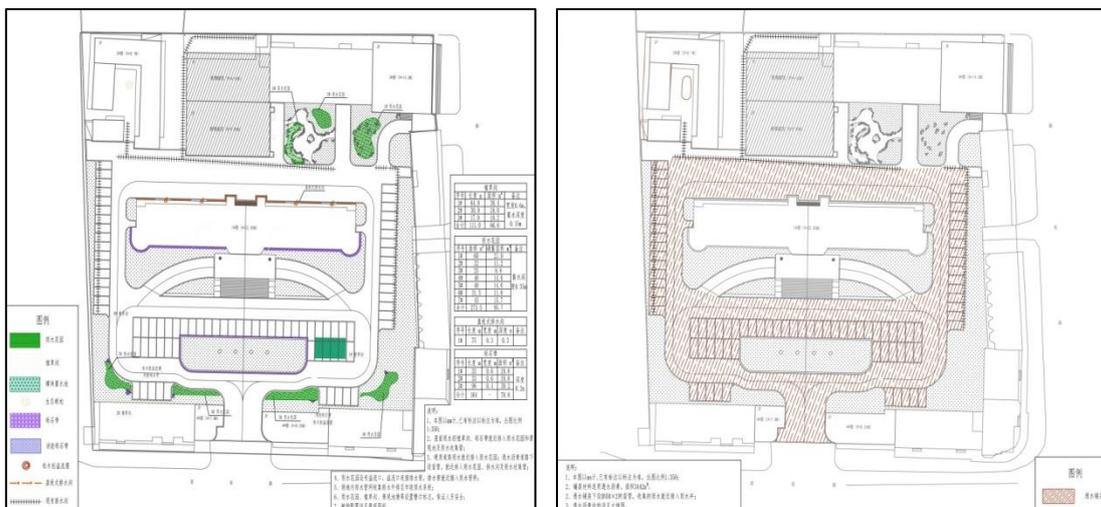


图6 LID设施布局图

#### 4.3.4 设计调蓄容积

低影响开发设施以径流总量和径流污染为控制目标进行设计时，设施具有的调蓄容积一般应满足“单位面积控制容积”的指标要求。设计调蓄容积一般采用容积法进行计算，如下计算公式所示。

$$V=10H\psi F$$

式中：V—设计调蓄容积， $m^3$ ；

H—设计降雨量，mm；

$\psi$ —综合雨量径流系数；

F—汇水面积， $hm^2$ 。

本项目建设用地面积为  $12228 m^2$ ，年降雨径流控制率为 75%，对应的日设计降雨量为 23.4 mm，计算得径流控制总量为  $138.94 m^3$ 。

以年径流总量控制为目标，地块内各低影响开发设施的设计调蓄容积之和，即总调蓄容积（不包括消减峰值流量的调节容积），不低于上述根据目标控制率计算得出的地块总产流量，计算总调蓄容积时，按照如下原则。

（1）顶部和结构内部有蓄水空间的 LID 设施（如雨水花园）的蓄水量计入总调蓄容积。

（2）转输植草沟、初期雨水弃流、人工土壤渗滤等对径流总量控制削减贡献较小的设计，其调蓄容积不计入总调蓄容积。

根据上述原则和场地用地情况及各汇水分区确定各设施面积，具体见下表。

表 4 各项设施调蓄容积计算表

序号	设施名称	调蓄面积 ( $m^2$ )	调蓄容积 ( $m^3$ )	备注
1	雨水花园	249.9	87.47	调蓄深度0.35 m
3	模块蓄水池	/	53.76	/
设计调蓄容积			<b>141.23</b>	/

#### 4.3.5 雨水回用系统设计

本项目将采用地埋式雨水收集装置，收集屋面、道路等处的雨水，溢流雨水接入市政雨水管网系统。回用系统雨水用于区域内绿化浇灌、道路清洗和景观水景补水。

经计算得该场地内模块蓄水池容积为  $53.76 m^3$ 。

（1）绿化浇灌用水

按照《建筑给水排水设计规范》（GB50015-2003）3.1.4 规定，绿化浇灌用

水定额可按浇洒面积  $1.0\text{--}3.0\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$  计算。本项目绿化浇洒定额取  $2.0\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

#### （2）道路浇灌冲洗用水

按照《建筑给水排水设计规范》（GB50015-2003）3.1.5 规定，浇洒道路用水按浇洒面积  $2.0\text{--}3.0\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$  计，本项目浇洒道路用水按  $2.0\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

表 5 实际回用水量计算

序号	回用区域	浇洒用水定额 $\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	浇洒面积 ( $\text{m}^2$ )	3 天回用水量 ( $\text{m}^3$ )
1	道路及广场	2	2147.9	10.2
3	绿化	2	5117	4.3
合计			<b>7264.9</b>	<b>14.5</b>

根据回用主管网服务面积，支管网服务面积暂不计入（即通过快速取水阀外接皮管的服务范围），结合按照《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》（GB50400-2016），用水量按雨水回用系统最高日设计用水量的 25%~35% 计，本项目取 30%。模块蓄水时效取 3 d，确定场地内模块清水池的容积为  $15.36\text{ m}^3$ 。

### 4.4 节点设施设计

#### 4.4.1 透水沥青

场地内采用透水沥青，透水沥青路面设计应满足路基路面强度和稳定性等要求。透水沥青结构符合《透水沥青路面技术规程》（CJJ/T190）的规定。

路面排水宜采用生态排水的方式。路面雨水首先汇入道路绿化带及周边绿地内的低影响开发设施，并通过设施内的溢流排放系统与其他低影响开发设施或城市雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统相衔接；铺装底部设置盲管，将下渗雨水导流至雨水管网系统。透水铺装可补充地下水并具有一定的峰值流量削减和雨水净化作用。



图 7 透水沥青示意图

#### 4.4.2 雨水花园

雨水花园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，此次定

为 350 mm，设 100 mm 超高，换土层介质类型及深度应满足出水水质要求，还应符合植物种植及园林绿化养护管理要求。为防止换土层介质流失，换土层底部设置透水土工布隔离层，考虑雨水花园蓄水的循环发挥作用和水量均匀分布，距离雨水花园底部 30 cm 设施直径 D150 的连接管，与溢流井连通。



图 8 雨水花园示意图

#### 4.4.3 植草沟

植草沟是指种有植物的地表沟渠，布置在生态停车场、道路及建筑物周边，收集雨水，多余雨水排放进市政雨水管网。植草沟具有一定的雨水净化作用，主要用于衔接其他单项设施、城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统。

(1) 植草沟宽 0.6 m，深度 150 mm，植草沟内植被高度宜控制在 100 mm~200 mm；

(2) 植草沟的边坡坡度（垂直：水平）小于 1:3；

(3) 植草沟由下到上分别为砾石层、透水土工布、种植土层。



图 9 雨水花园示意图

#### 4.4.4 生态树池

生态树池具有较高的透水性、透气性，可以有效锁住水分，充分满足树木的呼吸要求并使地面具有优良的降噪性能。而且可以有效解决人为破坏造成的树池破损，杜绝由于部分市民将生活垃圾扔进树池内的现象，有助于提升城市市容和

景观园林环境。

在铺装地面上栽种树木且在周围保留一块区域，利用透水材料或格栅类材料覆盖其表面，并对栽种区域内土壤进行结构改造且略低于铺装地面，能够对地面雨水进行收集，起到延缓地表径流峰值的作用。



图 10 生态树池示意图

#### 4.4.5 砾石带

砾石带用于收集屋面断接雨水，从下到上分别为不透水土工布、 $\Phi 30\sim\Phi 50$  的白色砾石层（孔隙率 $>50\%$ ）。



图 11 砾石带示意图

#### 4.4.6 模块蓄水池

模块蓄水池收集部分雨水管网内的雨水，具有施工快捷、布局灵活、抗老化、防藻类滋生、超强抗压能力、不会渗漏、可拆卸异地重建等优点。。模块蓄水池由多个 PP 蓄水模块单体组合而成，在施工现场拼合成整体，并通过包裹防渗材料，形成地下蓄水池。每个模块单元的尺寸为  $800\text{ mm}\times 800\text{ mm}\times 500\text{ mm}$ 。



图 12 雨水模块蓄示意图

#### 4.4.7 雨水回用处理设备

雨水回用处理设备包含高效过滤系统、消毒系统和反冲洗系统。

##### （1）高效过滤系统

雨水经过提升泵增压提升后进入雨水净化一体机，先经过全自动自清洗过滤器进行过滤，将水中含有的细小悬浮物、水溶胶等从水中进一步去除，全自动自清洗过滤器过滤精度达到  $10\ \mu\text{m}\sim 100\ \mu\text{m}$ 。

##### （2）消毒系统

消毒系统采用自动消毒装置，并处于处理管道上，根据处理水量的多少自动调节消毒剂用量。

##### （3）反冲洗系统

为保证设备得到彻底清洗，设置反冲洗系统，当过两次系统中的杂质过多而导致压力过大时，需将多向阀调至反冲洗档位，将夹在滤料层中杂质冲击气起来，随反冲洗水流外排，同时滤料的硬质滤核在反冲洗作用下相互撞击、摩擦，使得滤料上的滤渣脱落，整个滤料层得以快速、彻底清洗。经处理后的雨水可达到《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》（GB50400-2016）中相应标准。

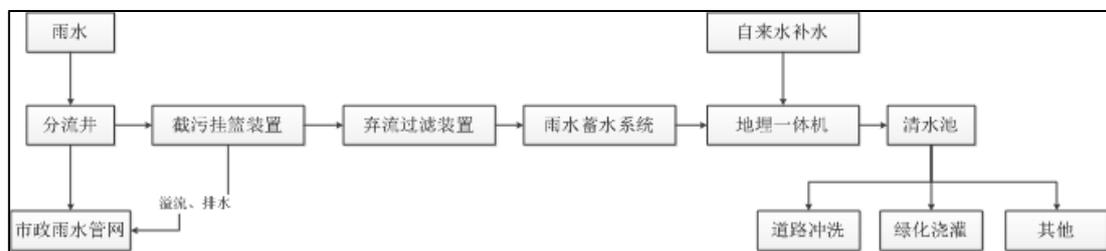


图 13 雨水回用系统工艺流程图

## 5 效果评估

### 5.1 年径流总量控制率达标分析

计算得年径流控制降雨量 23.79 mm，对应控制率 75.39%，满足  $\geq 75\%$  要求。

表 6 各汇水分区径流控制率计算表

分区名称	目标调蓄容积 (m <sup>3</sup> )	设计调蓄容积 (m <sup>3</sup> )	差值 (m <sup>3</sup> )	总径流系数	控制雨量 (mm)	径流控制率 (%)
分区一	50.52	40.04	-10.5	0.57	18.54	67.72%
分区二	40.31	23.1	-17.2	0.43	13.41	57.66%
分区三	48.11	78.09	30.0	0.47	37.89	87.46%
合计	138.94	141.23	2.3	0.49	23.79	75.39%

## 5.2 年径流污染物控制率达标分析

根据《海绵城市建设技术指南》中的计算规定，项目年径流污染物控制率为 60.31%，满足  $\geq 50\%$  的设计要求。

表 7 年净流污染物控制率

序号	名称	调蓄容积 (m <sup>3</sup> )	SS 平均去除率 (%)
1	雨水花园	87.47	80
2	模块蓄水池	53.76	80
合计		141.23	60.31

## 5.3 模型评估

### 5.3.1 模型构建

本模型根据场地不同下垫面情况，将场地划分为 15 个子汇水面积，室外雨水管网简化为 22 个排水节点、22 条排水管渠和 1 个雨水排放口，见图所示。

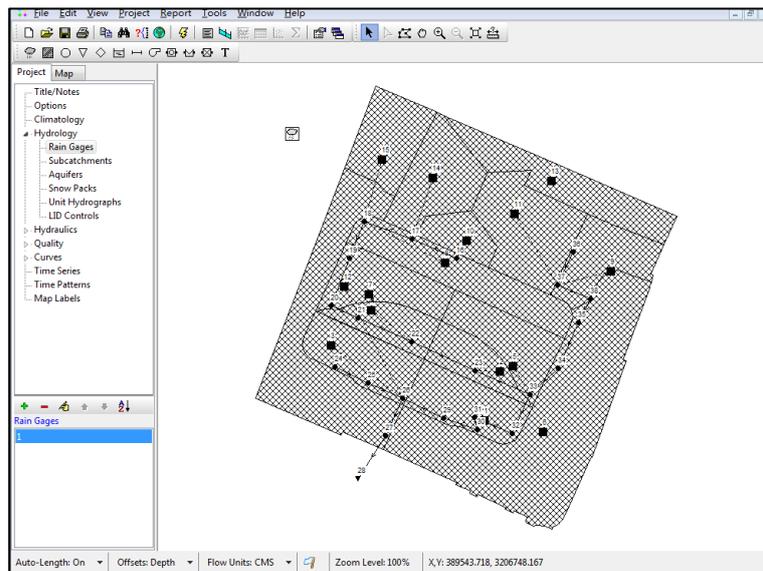


图 14 SWMM 排水模型平面图

### 5.3.2 模型设置

原始场地模拟建立后，通过在对应的子流域内添加海绵技术措施来验证相应技术的效果，雨水花园采用 Bio-Retention Cell 模块，透水铺装采用 Permeable Pavement 模块，植草沟、砾石带采用 Vegetative Swale 模块，生态树池采用 Rain Garden 模块。

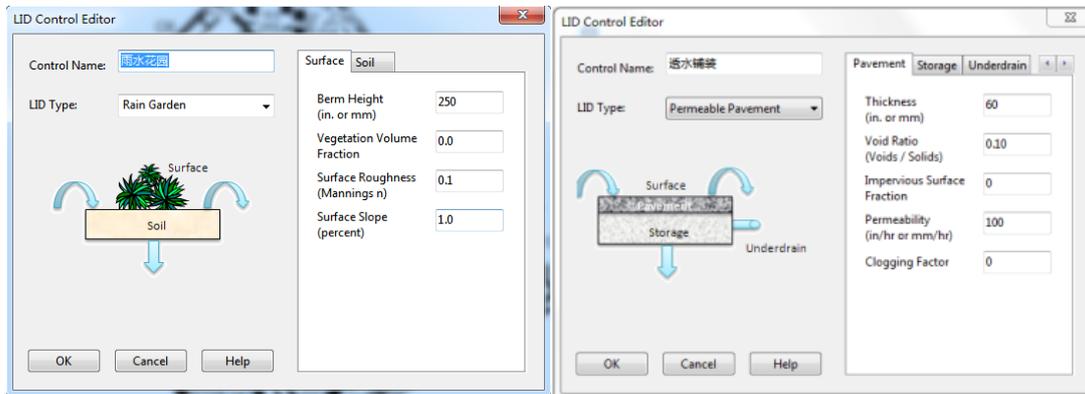


图 15 LID 参数设置

### 5.3.3 降雨数据

降雨数据采用衢州市 2013.4.1~2014.3.31 全年降雨序列，蒸发量采用多年月平均数值，降雨及蒸发量数据详见下图。

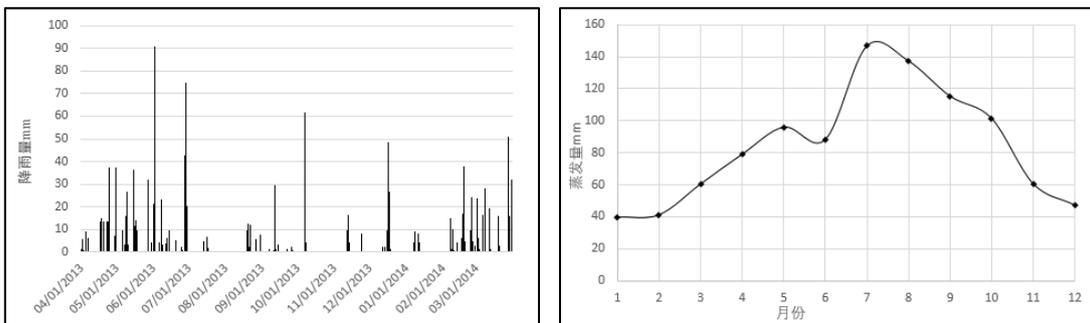


图 16 衢州市降雨及蒸发数据

### 5.3.4 模拟结果

衢州市 2013.4.1~2014.3.31 降雨量为 1341.3 mm，经海绵建设后，电信大楼以东地块场地模拟结果如下表所示。根据计算结果，年径流总量控制率可达 76.34%，径流污染削减率可达 60.88%，均满足海绵城市建设目标要求。

表 8 年径流总量控制率模拟结果

降雨量 (mm)	径流排放量 (mm)	滞留量 (mm)	径流总量控制率 (%)
1341.3	317.3	1024.0	76.34

表9 径流污染削减率模拟结果

SS总量 (kg)	外排量 (kg)	设施去除量 (kg)	径流污染削减率 (%)
1710.25	669.05	1041.20	60.88

## 6 建设效果

### 6.1 工程造价

电信大楼以东地块海绵化改造，工程费用为 330.90 万元，项目概算总投资为 399.16 万元，其中海绵化改造部分共计 153 万元，具体费用构成详见概算表。

表10 海绵化改造工程概算

项目名称	单位	工程数量	总价 (元)
道路部分			
透水沥青	m <sup>2</sup>	4257	1092914
LID 部分			
雨水花园	m <sup>2</sup>	249.9	99960
植草沟	m	111	7068
砾石带	m	164	2994
生态树池	座	3	410
雨水回用系统	项	1	342880
总计	154 万元		

### 6.2 效益分析

#### 6.2.1 生态效益

通过透水沥青、雨水花园、生态树池等“源头减排”措施，有效削减雨水径流污染，减少对市政管网的负荷；同时采用雨水回用系统对净化后的雨水加以利用，节约水资源，使得城市发展更加可持续。

#### 6.2.2 社会效益

本项目位于衢州市住建局大楼，是衢州市的重要单位。通过海绵城市建设有效缓解水安全和水资源等问题，不仅提升了整体的景观环境效果，同时让广大市民感知海绵城市、认同海绵城市的效果，推动衢州市海绵城市建设项目的实施。

## 7 项目总结

### 7.1 项目难点

本项目为改造项目，设计空间受限，实施难度较大，且地下排水体制为雨污合流制，建设年代久远，管网淤积和破损问题严重，对设计和施工造成了一定的阻碍。此外，该地区属于柯城区中心城区，为了保证衢州市住建局正常工作的有序进行，以及周围居民的日常通行，通过合理安排施工进度，分块实施，同时做好围护和警示工作，并加强日常管理，防止意外发生。

### 7.2 项目设计

（1）道路铺装采用透水沥青，使雨水能更好地渗透至土壤内，并在边侧设置排水沟，溢出的雨水排入排水沟后进入市政管网。

（2）在绿化带内设置雨水花园，起到调蓄、过滤的作用。

（3）依据设计年径流总量控制率，设计雨水回用系统，起到调蓄和雨水资源利用的效果。

### 7.3 海绵材料

（1）场地铺装多采用透水沥青，在停车场周边布置砾石带，能让雨水通过路面渗透流入地下，延缓径流雨水排放，减轻市政管网的压力，并能有效地减轻地面上的油类化合物等对环境污染的危害；同时，透水铺装是补充地下水、调节微气候的优良的海绵材料。

（2）在建筑周边布置雨水花园和植草沟，植草沟通过植被截流和土壤过滤处理径流雨水，可提高径流总量控制和径流污染削减效果，再进入到雨水花园，使整个地块的海绵设施有机连通。

### 7.4 示范意义

衢州电信大楼以东地块的海绵化改造遵循了海绵城市生态优先的原则，改变传统径流直排进入市政雨水管网的模式，将雨水通过“渗、滞、蓄、净、用”等海绵设施后再“排”入市政管网，在确保防涝安全的前提下，极大地减轻市政管网的压力，同时起到改善微气候的作用，为衢州的海绵化改造进程增添新的助力。

# 5

## 宁波市三和嘉园小区海绵改造工程

**项目位置：**宁波市江北区。东邻北海路，西邻洋市河，  
洪大南路，南邻榭家路，北邻北环西路

**项目规模：**6.9057 ha

**完工时间：**2018 年 6 月



宁波市作为 2016 年第二批国家海绵城市建设试点城市之一，从 2016 年来已完成众多海绵城市改造项目。通过构建海绵城市低影响开发系统，“灰绿结合、蓄排结合”，综合实现“水生态良好、水环境改善、水资源丰富、水安全保障及水文化鲜明”的多重目标。宁波市三和嘉园小区于 2018 年 6 月完成改造，建设效果较好，受到市民广泛好评，为建筑小区海绵改造提供了较好的示范参考。

### 1 基本情况

#### 1.1 区位分析

项目位于宁波市海绵城市建设试点区域江北区，东邻北海路，西邻洋市河和洪大南路，南邻榭家路，北邻北环西路。具体位置如图 1 所示。

#### 1.2 下垫面概况

小区居民楼 30 栋，住户约 1026 户，常住人口约 2600 人。下垫面面积为 6.9057 ha，其中，现状屋顶面积 16241 m<sup>2</sup>、硬质地面 63466 m<sup>2</sup>、绿化 35708 m<sup>2</sup>，绿化率 52.7%（详见表 1）。改造前综合径流系数 0.49，海绵城市改造基础条件较好。

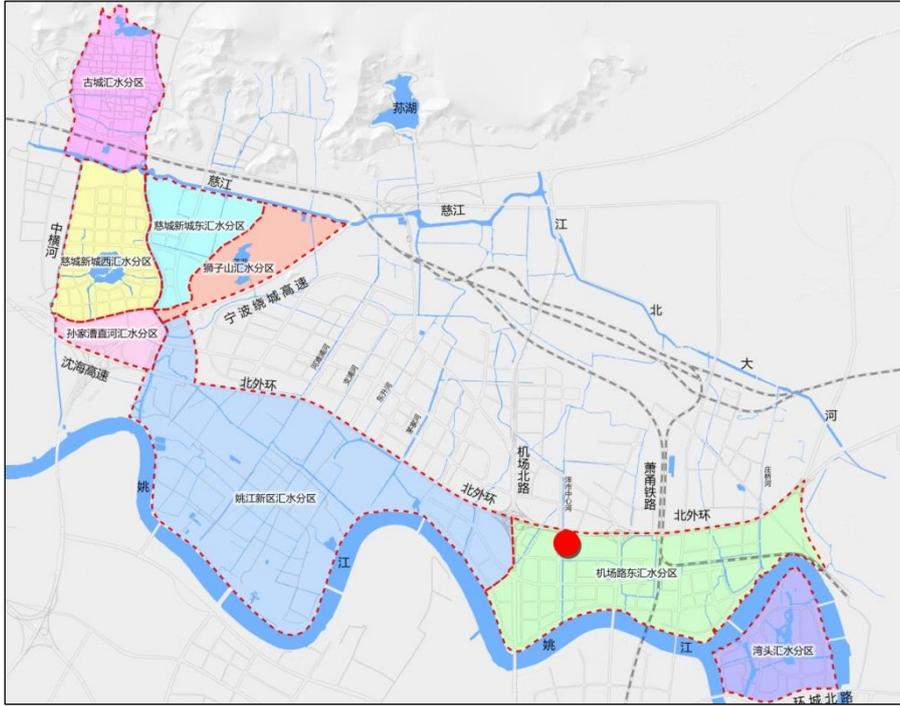


图1 项目区位图

### 1.3 竖向概况

根据高程图和坡度图可知，小区地势总体比较平缓，最大高差约1m，地形平缓有利于滞留雨水。小区内地表径流由地势较高的绿地排向周边道路，最后由道路低点排入雨水管道。由于绿地高程普遍高于道路，且路沿石拦水能力低，绿地内径流基本流向道路，经雨水篦子进入雨水管线。

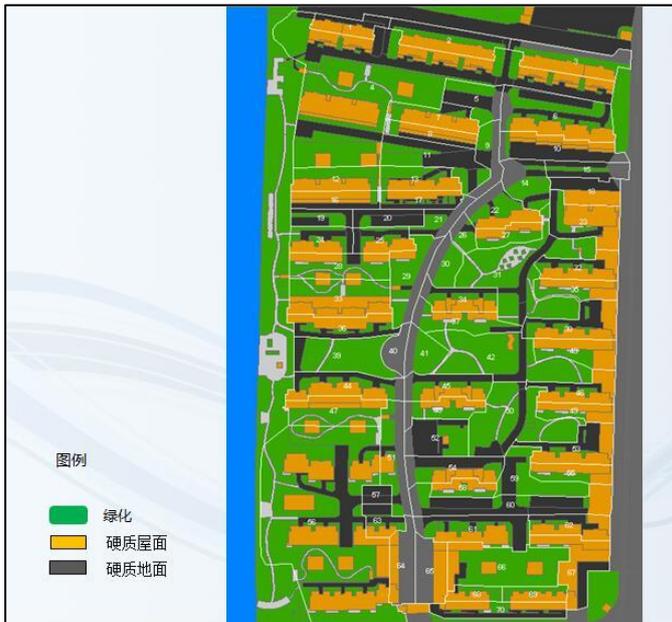


图2 下垫面构成图

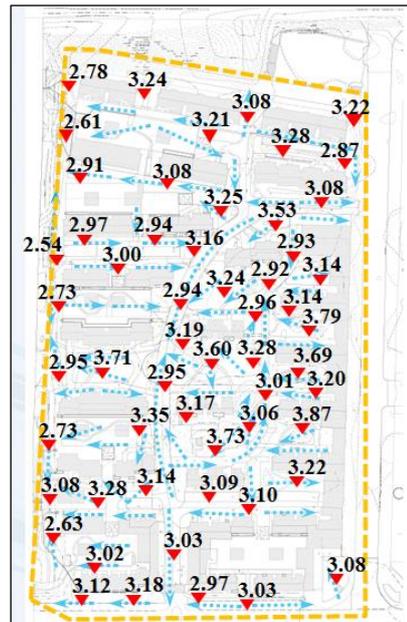


图3 三和嘉园高程图

## 1.4 排水体制

根据测绘资料，小区排水体制为雨污分流制，小区内排水口与市政管线、河道相连接，共有3个排水口，分别接入北海路南的市政管网，以及洋市河。

## 2 问题与需求分析

### 2.1 现状问题

（1）小区雨水通过管网就近直排洋市河，初期雨水是河道的重要污染源。

（2）小区内涝安全隐患较大。部分路段下雨积水严重；雨污管道破损堵塞，致使积水渗水问题较多；入户部分铺装年久沉降严重，致使铺装破损坑洼。

（3）小区于2004年建成，原规划停车位较少，现住户车辆较多，停车位紧张，乱停现象较为严重，时常出现区内交通拥堵；停车难导致车辆乱入绿地，造成绿地破损；设施锈蚀破损严重。

（4）小区内绿化杂乱，尤其是地被缺失，造成黄土裸露，景观效果较差。

### 2.2 建设需求分析

#### （1）水环境方面——需控制点源及面源污染

当前，区域正处于大力发展阶段，生态环境保护和经济发展的矛盾也将显现，随着基础设施完善，城市初期雨水面源污染将成为河道的重要污染源。通过海绵城市建设，采用“渗、滞、蓄、净、用、排”的综合措施，可以大幅度削减面源径流污染，提高区域内水环境质量。

#### （2）水安全方面——需加强城市水安全保障

从区域水安全问题来看，现状排涝体系适应社会、经济发展的需要，洪涝灾害制约着社会经济发展，迫切需要采取综合措施提升整个城市的水安全能力。通过海绵城市建设，构建低影响开发雨水系统，提高雨水径流总量控制率，缓解城市防洪排涝压力。

#### （3）水生态方面——需保护和恢复水生态

随着城市的不断发展和人们生活水平的提高，市民对城市水系的建设和改造提出了更高要求，在注重行洪、排涝、引水、灌溉、航运等基本功能的同时，力求以人为本、回归自然，重视水质和水环境的改善，突出亲水休闲和生态景观功能。这就迫切需要通过海绵城市的建设，保护和恢复原有的自然水生态格局。

## 3 海绵城市改造设计原则和目标

### 3.1 设计原则

#### （1）综合统筹、系统集成

海绵城市建设需要综合解决城市水问题，为此，必须将涉及水的城市建设内容进行统筹，要将低影响开发系统、雨水管渠系统、超标径流通道系统、污染控制系统等系统进行有效集成，综合达到排水防涝、径流污染控制等多重目标。

### （2）科学论证、导向准确

城市水问题具有多样性、复杂性，要解决好城市水问题，提高各项解决措施的适用性、有效性和经济性，必须开展条件分析、问题分析、需求分析、效益分析等一系列的论证研究，真正做到有的放矢。必须把握已建项目以问题为导向、新建项目以目标为导向的总体思路。

### （3）因地制宜、有序推进

每个子项项目特点不尽相同，问题的严重程度和开发建设的进展也都千差万别，如何将海绵城市建设科学的融入到城市整体建设中，并与其他系统有效的衔接和协同，需要因地制宜的采取不同的措施和不同的推进模式以及有差别的推进时序，避免反复出现过程中难以协调的矛盾，提高海绵城市的可实施性和有效性。

### （4）功能与景观相结合

推广绿色雨水基础设施，统筹发挥自然生态功能和人工干预功能，实施源头减排、过程控制、系统治理；在规划设计中要重视和兼顾景观效果，实现环境、经济和社会综合效益的最大化。

### （5）尽量减少项目实施对人民生活的影响

所采取的工程措施，尽可能减少扰民影响，保护居民正常生活环境，避免引起不必要的投诉。

## 3.2 LID 设施设计目标

根据宁波市试点区域海绵城市建设系统化方案，确定三和嘉园以提升小区景观、文化为基础，以海绵城市设计思路为前提，打造精品海绵小区示范区。结合海绵系统化方案和上位规划，确定三和嘉园的 LID 设施设计目标为：

（1）年径流总量控制率不低于 70%；

（2）面源污染（TSS）削减率不低于 60%；

（3）有效应对 50 年一遇内涝风险，并确保居民住宅和工商业建筑物的底层不进水，道路路面积水深度不超过 15 cm。

## 3.3 设计依据

（1）《宁波市海绵城市规划设计导则》；

（2）《宁波市海绵城市试点区详细规划》；

（3）《宁波市中心城区海绵城市专项规划》（2016-2020）；

- (4) 三和嘉园现状地形图；
- (5) 宁波市谢家地块管网综合图；
- (6) 其他资料。

## 4 海绵城市改造方案设计

### 4.1 总体设计

对小区内现有绿地局部改造，采用植草沟、下凹绿地、雨水花坛或雨水花园等设施，部分不透水铺装改为透水铺装，使屋面雨水和地面径流可在源头进行滞蓄、入渗和净化处理。小雨时，雨水通过 LID 设施净化后再排入管道系统；大雨时，涝水通过滞蓄、溢流排至雨水管道系统，实现雨水错峰、缓排效果。

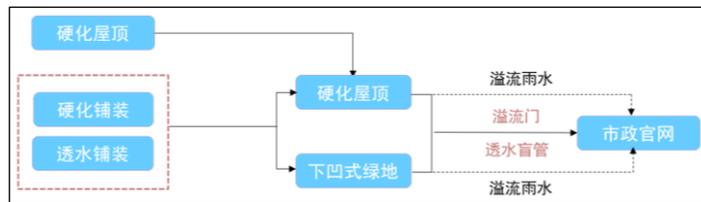


图 4 海绵工艺流程图

### 4.2 汇水区域划分

结合道路竖向及地面标高，将现状地块内的汇水区域划分成 71 个汇水分区。

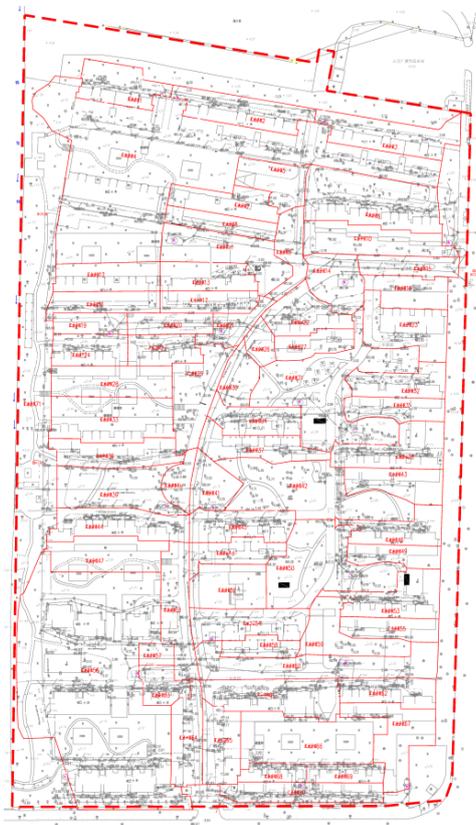


图 5 汇水分区图

## 4.2.1 排水系统改造方案

### （1）雨水系统

采用海绵城市设计理念，传统管道排水与生态化排水相结合。本小区保留原有雨水主管道。LID设施中，盲管就近接入雨水管道，原道路雨水口封闭，在同位置处将路牙改造为开口路牙，同时新增溢流雨水口接入雨水管道系统。

小雨时，部分屋面雨水经雨水立管散水排入LID设施，道路雨水径流经开口路牙散水进入LID设施，下渗后通过盲管收集排入现状雨水管道中；大雨时，LID设施内雨水充满饱和后，超标雨水经LID设施中的溢流口收集，排至小区雨水管网，最终雨水排至洋市河。

### （2）污水系统

小区保留原有的污水管道。

### （3）雨水立管

建筑外墙雨水立管改造为散水排放，雨水立管接入雨水花园等设施处，设置碎石等消能、防冲刷设施。

## 4.2.2 海绵设施布局

本项目主要设置雨水花园、传输型草沟、下凹式绿地和透水铺装等海绵设施。雨水花园、传输型草沟、下凹式绿地的面层标高低于道路路面标高，车行道和屋顶的雨水径流通过散水排入海绵设施，超标雨水通过溢流口排入雨水管道系统。透水铺装面层采用透水砖、透水混凝土面层等，雨水径流入渗，通过设置在碎石层底部的盲管排入雨水管道系统。本项目共设置雨水花园1707 m<sup>2</sup>，透水铺装停车位8269 m<sup>2</sup>，绿色屋顶690 m<sup>2</sup>，平面布局详见下图。

## 4.3 节点设施设计

### 4.3.1 雨水花园

雨水花园分为蓄水层、换填层、碎石层三部分。蓄水层用于积蓄雨水，厚度为300 mm。换填层厚度为60 cm，换填层土壤下渗率不小于80 mm/h，TSS去除率不小于75%，有机质（%LOI）32.5%~3.5%，pH值为5.5~6.5。碎石层厚度为30 cm，上层砾石（厚5 cm）粒径采用5-25 mm，余下部分砾石层粒径采用20 mm~40 mm。雨水花园低点位置处设置溢流雨水口。碎石层内设置盲管，盲管采用DN150的开孔PE实壁管。此外，在换填层土壤表层敷设覆盖层，有助于保持土壤水分，避免因表面密封导致的透气性降低。覆盖有助于防止水土流失，并提供了适合土壤生物群生存的环境。覆盖物由碎树皮组成，不含其他杂质，如杂草种子、土、树根等，厚度50 mm~75 mm。



### 4.3.2 下凹式绿地和传输型草沟

下凹式绿地主要用于蓄滞、净化雨水。传输型草沟主要用于传输径流。下凹式绿地和传输型草沟底部不换填，仅下凹 15-30 cm。

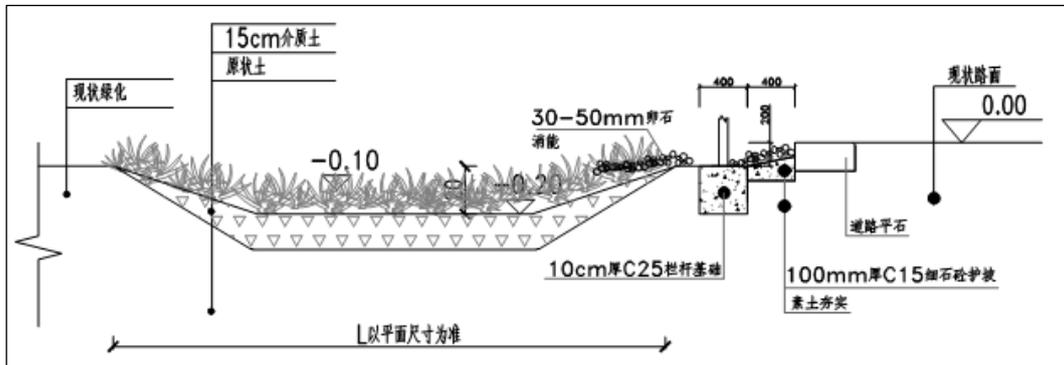


图9 传输型草沟大样图



图10 下沉式绿地实景图

### 4.3.3 透水铺装

本次新、改建原有不透水铺装改造为透水铺装，位于小区游步道及停车位，改造后透水铺装底部敷设盲管，就近接入附近的雨水口（井）。透水铺装设计的大样图如下图所示。

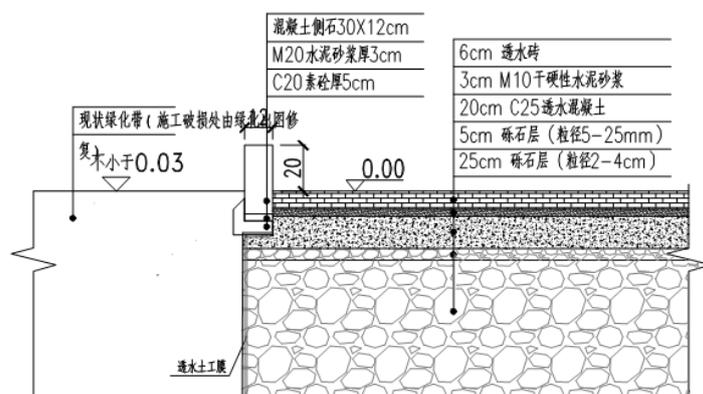


图11 透水铺装大样图



图 12 透水铺装实景图

#### 4.4 植物选取

植物选择的主要原则为结合海绵设施做景观提升，丰富小区内部景观空间，增加活动空间；适当保留现有长势较好的植被。

上层植物选型：保留内部长势较好的上层乔木，并在合适的区域适当增加开花类小乔木、大灌木以及色叶乔木。

表 1 植物选取表一

植物名称	耐寒	耐旱	对土壤要求	观叶	观花	观果	花期
香樟	√		沙壤土		√		5~6月
黄山栎树	√	√	保持湿润为宜		√	√	7~9月
银杏	√	√	适当湿润且排水良好	√		√	4月上旬至中旬
刺槐	√	√	沙土、黏壤土		√		4~6月
香花槐	√	√	耐瘠薄、耐盐碱		√		每年开4次花
红枫	√	√	不严	√			4~5月
紫荆	√	√	喜排水良好的土壤		√		3~4月
西府海棠	√	√	忌水涝		√	√	4~5月
樱花	√	√	不耐盐碱土		√		4月
石榴（花）	√	√	不严		√		5~10月

中层及下层植物选型：增加中层及下层植物，选择耐水湿、耐寒、耐干旱并可以在沙土中生长的植物。

表2 植物选取表二

植物名称	湿生	水生	多年生	观花	观果	花期	果期
紫花地丁			√	√			
黄菖蒲	√		√	√		5~6月	
兰花三七			√	√		7~8月	
狼尾草			√	√			
鸢尾	√		√	√		4~5月	6~8月
金叶苔草	√		√				
灯芯草	√		√				
美人蕉			√	√		3~12月	

## 5 监测评估

### 5.1 监测数据

根据《海绵城市建设绩效评级与考核办法（试行）》（建办城函〔2015〕635号），小区采用了在线实时监测设施加强对城市水循环系统的跟踪监测。西侧入河排口和东侧接入市政管网前上游检查井分别进行在线流量监测。选择雨量大于或与设计雨量接近且降雨前旱天时间大于3天的降雨进行径流流量控制分析，以保证降雨时海绵设施排空，结果如下：

表3 三和嘉园汇水区域地块监测情况表

起始时间	截止时间	降雨历时/h	累计降雨量/mm	理论出流量/m <sup>3</sup>	监测出流量/m <sup>3</sup>	控制体积/m <sup>3</sup>	径流控制率/%	控制的降雨量/mm
2018/5/26 2:00	2018/5/26 10:00	9	35.4	1490.98	24.52	1466.45	98.4	34.8
2018/5/31 7:00	2018/5/31 16:00	10	18.8	791.82	0.17	791.65	100	18.8
2018/6/29 7:00	2018/6/29 22:00	16	38	1600.48	33.44	1567.04	97.9	37.2

### 5.2 评估结果

由上表监测数据可得，该项目在雨量为18.8mm时径流控制率为100%，大于项目设计雨量，可认为该项目海绵改造达标。当两场雨量达到三十余毫米的降雨发生时，所计算出项目的控制雨量高达34.8mm，对应年径流总量控制率为88%。可认为该项目海绵改造效果好，海绵设施对雨水有较强的滞蓄作用。



图 13 三和嘉园西侧排口汇水区域示意图

## 6 建设效果

### 6.1 小区改造前

改造前现状见下图。



图 14 三和嘉园改造前照片

## 6.2 小区改造后

改造后实际效果见下图。

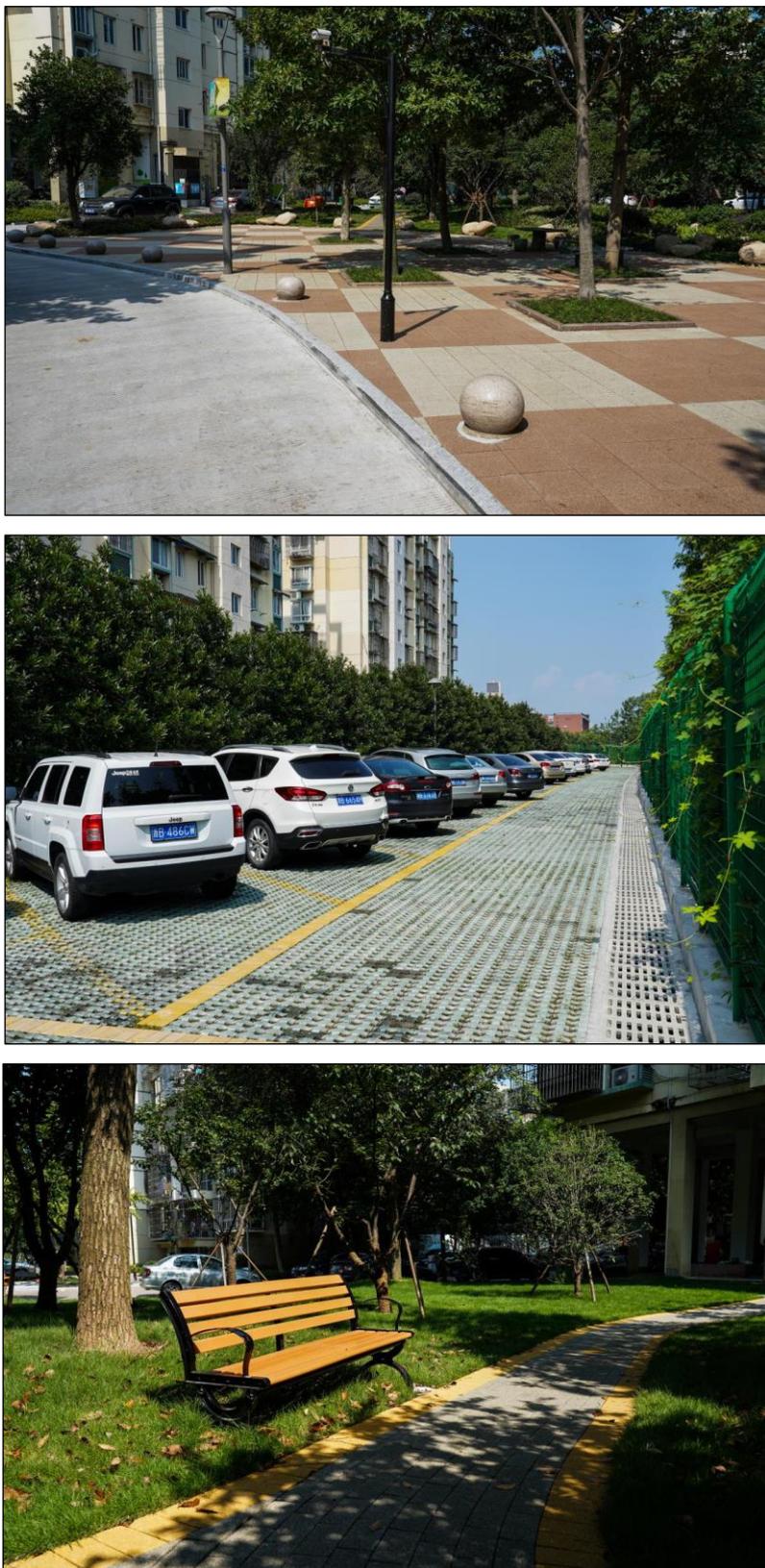


图 15 三和嘉园改造后照片一

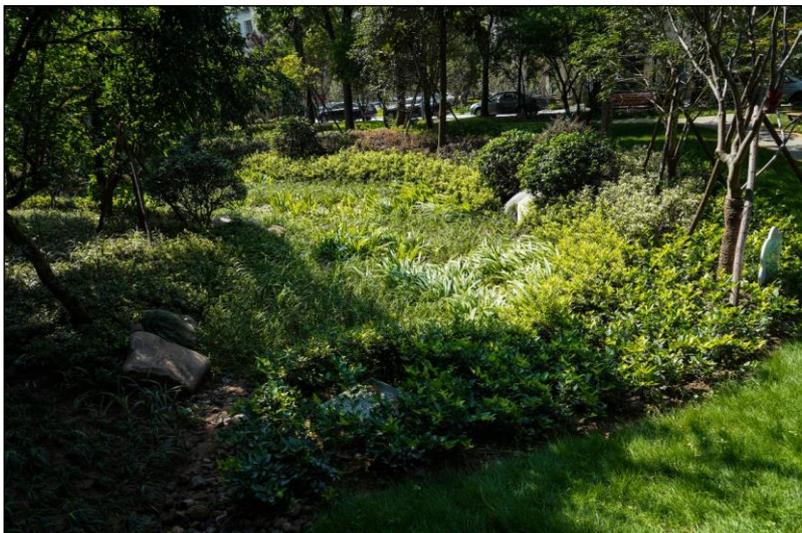


图 16 三和嘉园改造后照片二

## 7 项目总结

### 7.1 项目难点

本工程各子项的特点、问题和改造难度不尽相同，如何将海绵城市设计科学地融入项目整体建设中，并与其它系统有效衔接和协同是本项目的难点，需要因地制宜地采取不同措施和不同的推进模式进行改造，同时尽可能需减少扰民影响。

### 7.2 项目设计

(1) 道路采用透水铺装，促使雨水更好地入渗土壤内，实现小雨不湿鞋。

(2) 在绿化带内设置雨水花园，起到调蓄、过滤的作用。

(3) 停车场设置生态停车位，既满足停车需求又起到缓解降雨径流的作用。

### 7.3 项目运维

本项目建成后，将按照《海绵城市建设技术指南》和《宁波市海绵设施运行维护实施细则（试行）》的相关要求，将海绵设施移交给小区物业，按运营维护程序定期对海绵设施进行养护管理，确保设施功能持续性正常发挥。

### 7.4 示范意义

“渗、滞、蓄、净、用、排”的海绵城市理念贯穿于本项目建设全过程，利用自然地形和竖向标高，合理组织和引导雨水径流，削减雨水径流污染，打造了水质净化、景观融合的生态型小区，为同类型的建筑小区改造提供了示范参考。

# 6

## 温岭市五龙山公园北入口（下岙严）景观工程

**项目位置：**浙江省温岭市五龙山北侧至下岙严村西南侧

**项目规模：**39558 m<sup>2</sup>

**竣工日期：**2019年6月



温岭市政府从理念、规划、设计、建设和管理等方面深入贯彻落实“既要金山银山，也要青山绿水”的生态理念，依托“生态型山水园林城市”定位及其良好的自然地理条件，海绵城市建设取得了较好的成效。温岭市五龙山公园北入口（下岙严）景观工程按海绵城市标准进行设计，采用下渗、滞蓄、净水、用水及排水等措施，采用透水铺装、透水混凝土路面、植草沟、渗透塘等海绵设施，满足渗、滞、蓄、净、用、排等海绵城市主要功能，减少了外围市政管网和河道的排水压力，打造了生态性与景观性相结合的海绵城市公园，具有较好的示范作用。

### 1 项目现状基本概况

#### 1.1 区位分析

该项目地块位于浙江省温岭市五龙山北侧，下岙严村西南侧，是五龙山公园的重要入口，为游客提供活动、漫步、休憩场所，具有一定集散游客功能，兼具周边居民休闲娱乐使用。该项目设计总面积约 39558 m<sup>2</sup>，其中绿化面积 30962 m<sup>2</sup>。



图1 五龙山公园北入口（下岙严）景观工程项目区位

## 1.2 周边环境

五龙山公园位于温岭市东南，公园西南面与温岭城区毗邻，分界线为温岭城区东边界石夫人路。东南面眺望湖漫水库，西北面与大尖山余脉相接，环抱温岭县城。公园规划面积约 6.4 km<sup>2</sup>，其中海拔 50 m 以上丘陵山地约 4.9 km<sup>2</sup>，50 m 以下缓坡地占 1.5 km<sup>2</sup>。规划涉及下河、后应、屏下、横溪、焦湾、石仓、湖南、下岙严共计 8 个行政村。



图2 五龙山公园北入口（下岙严）景观工程周边环境

## 2 问题需求与分析

### 2.1 存在问题

项目场地位于五龙山仙女峰下，紧靠山体，场地原为农居房，杂乱无章，现已全部拆除，建筑垃圾较多。同时，场地内多被周边居民种植蔬菜，场地内地势高差较大，靠山体处地形较高。



图3 五龙山公园北入口（下岙严）景观工程现状图

## 2.2 需求分析

作为新建公园，项目建成后随着路面硬化率提高，人流量的增加，如何净化雨水水质、削减场地内的径流污染是该项目需要解决的主要问题。因此，为增强径流总量控制，削减径流峰值流量，缓解场地内的排水压力，在场地设计中应用海绵城市设计理念，用以处理净化雨水。构建下雨时“吸水、蓄水、渗水、净水”，需要时“释水”的低影响开发雨水系统，建设自然积存、自然渗透、自然净化的“海绵城市”，节约水资源，保护和改善城市生态环境，促进生态文明建设。

## 3 海绵城市建设目标、理念与原则

### 3.1 设计目标

根据《台州市海绵城市专项规划》及《温岭市海绵城市近期示范区建设实施方案》及场地所在区域雨量径流计算，确定该场地设计径流总量控制率为80%，年径流污染消减率（以SS计）设计目标为60%。

### 3.2 设计理念

本项目依据城市规划要求，把场地定位为“防护林+城市公园+海绵公园”的综合性城市防护绿地，形成 $1+1+1=N$ 的多功能绿地空间的效果，从而满足市民活动休闲的需要。运用不同的景观设计手法，从铺装、景墙、植物等多方面展现当地特有的文化艺术特色。充分利用山体本底条件，结合休憩广场、景观步道、透水铺装等景观设计，建设以实现防护型绿地、保护城市生态系统、市民积极参与及资源合理利用的海绵型山地生态公园。

### 3.3 设计原则

（1）秉持生态可持续发展性原则。强调设计遵从自然，尽可能减少设计对现有山体环境及风貌的破坏，通过补种观花观叶植物，还原山体原有的植物景观风貌，形成良好的植物蓄水、净水的生态系统。充分结合自然环境，充分利用自然可再生能源，减少甚至避免不可再生能源的消耗。

（2）集中与分散相结合的原则。绿地自身的下渗作用和植草沟过滤处理方式与中央景观水系的集水调蓄功能相结合，构建公园海绵雨水系统。

（3）采用低影响开发的原则。通过透水铺装、植草沟、渗透池等低影响开发，实现雨水的渗透、滞蓄、净化，降低公园建设对水文状况的干扰。建立人与山、人与空间、人与人、人与植物之间的互利关系，通过对现状植物的适当梳理，打造和谐生态环境。

（4）强调经济性原则。强调经济实用、节约，即充分利用自然气候地形，选用当地材料及当地植物品种，构筑宜人空间。设计中先绿色后灰色、先地上后地下，雨水径流组织优先通过海绵手法对用水进行渗透、滞蓄、净化，多余雨水再通过地下管网外排。

### 3.4 设计策略

策略一：场地地势高差较大，需要通过台阶、毛石挡墙等形式消化地势高差，将山体实际排水需要与景观效果完美结合，过滤水中杂质的同时增加景观效果。



图4 毛石挡墙、台阶意向图

策略二：海绵城市建设是未来城市生态系统的重要环节，可缓解城市热岛效应、减少雨水径流、改善空气质量、改善生物多样性，维护生态系统健康。设计结合原有沟渠，考虑排水需要，设置以卵石沟为基底的生态花溪，将蓄水、渗水、保水、排水为一体，创造出独特的生态系统，塑造出渗透的呼吸空间。

策略三：充分保护和利用山体浓郁的绿色基底，补种观花观叶植物，丰富植物季相景观，通过植物手段，净化水质。



图5 海绵城市意向图

## 4 海绵城市设计

### 4.1 设计流程

综合考虑规划要求、降雨条件等，确定径流控制量，配置各类低影响开发设施，合理布局。再根据设计原则等进行总体设计与细化，具体设计流程见下图。

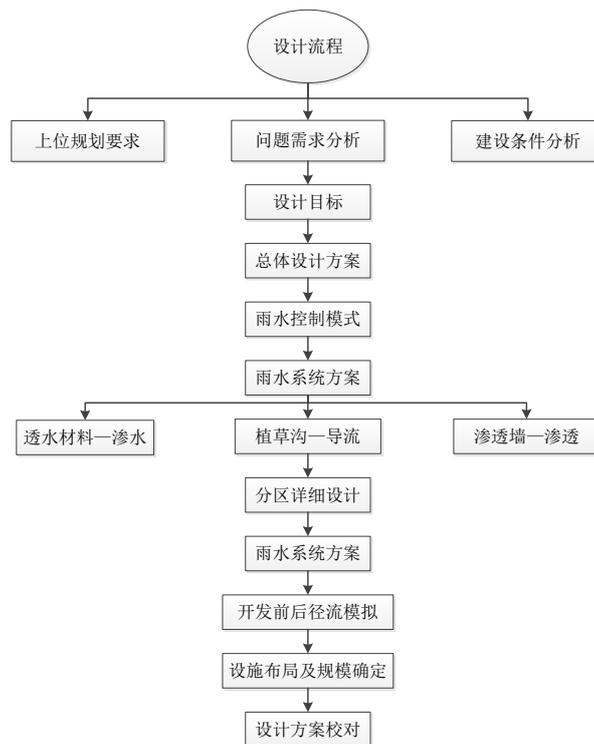


图6 景观工程流程图

### 4.2 设计降雨量

据温岭降雨统计数据，设计年径流量总量控制率 80% 时，对应设计降雨量为 38.5 mm。

### 4.3 总体方案设计

#### 4.3.1 设计径流控制计算

(1) 综合雨量径流系数

根据各构筑物面积及对应的雨量径流系数，加权平衡得到综合雨量径流系数0.206。

表1 项目综合雨量径流系数

用地类型	面积 (m <sup>2</sup> )	径流系数	综合雨量径流系数
绿化 (种植)	30441	0.15	0.206
绿道 (透水混凝土)	1940	0.2	
透水铺装 (陶瓷透水砖)	7177	0.25	

#### (2) 设计径流总量控制量

根据《海绵城市建设指南—低影响开发雨水系统构建（试行）》中容积法计算得到蓄水设施单次降雨需要调整 255 m<sup>3</sup> 雨水。

本工程利用景观水系作为雨水调蓄池，水系常水位标高 5.40 m，调蓄溢流标高为 5.70 m，有效调蓄深度 0.3 m，水系面积 2051 m<sup>2</sup>，有效调蓄容积 615 m<sup>3</sup>。

#### (3) 年径流污染物控制率

通过海绵设施改造，公园内雨水径流污染物去除率可达到 61.6%，满足海绵城市建设对雨水径流污染去除率的要求。计算表如下：

表2 项目年径流污染物控制率

设施名称	设施调蓄量 (m <sup>3</sup> )	污染物去除率 (%)
透水混凝土路	382	80
透水铺装	968.4	80
嵌草砖	180	80
透水砼	443	70
植草沟	/	80
年径流量污染去除率	/	61.6

#### 4.3.2 竖向条件与汇水分布

现状场地西南山脚处地势最高，整体地势向东北方向趋于平缓。竖向设计根据现状地势结合景观需要，最大限度利用现有地形，通过局部设置挡墙营造花台，处理高差。同时营造山地特色公园景观，将灰色基础设施（排水管道）与绿色基础设施（渗透铺装、植草沟、渗透池等）相衔接，雨水径流经过透水铺装、植草沟等的源头减排措施，排入渗透池进行雨水收集渗透处理，超过设计降雨量时，通过溢流口排入市政雨水管网。



图7 排水系统示意图

### 4.3.3 设施选择与工艺流程

将公园内路面及绿地雨水经植草沟引入渗透池中进行净化处理，多余雨水溢流至市政雨水管网系统。

### 4.3.4 总体布局

本次设计以“一轴、三区、三节点”的空间格局进行设计。以公园主要游线作为景观轴线，沿轴线设置三处主要景观节点，供游客休憩游玩，将公园分为登山迎宾区、林荫漫步区及阳光草坪区三个区块，可供游客根据个人需要进行空间的选择。主要铺装广场空间作为主要视线节点，其余停留空间作为次要视线节点，形成完整的景观系统。采用透水铺装、植草沟，渗透塘等海绵设施用以实现雨水控制和回收利用。

## 4.4 分区详细设计

水系设计据其功能定位、水体现状，对岸线及滨水现状进行利用，在满足泄洪的条件下，提出低影响开发控制目标及指标要求，与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统有效衔接。本次海绵城市设计主要采用透水材料、植草沟、渗透塘三种形式。

透水材料包含了透水砖铺装、透水混凝土铺装和透水沥青，同时局部铺设嵌草砖、鹅卵石、碎石铺装，其材料面层至基层都采用了完全透水做法，在满足不同活动需求的前提下保证透水的高效性；植草沟中雨水过多时，通过管线汇入原有排水暗渠中，植草沟对山体排水进行一定的净化，水量充足时可形成景观水面；收集的雨水最终汇入渗透塘，以削减峰值流量，通过合理设计使其实现渗透功能，

起到一定的净化雨水作用。



图8 项目景观工程总体布局图

#### 4.4.1 透水材料的合理运用—渗水

景观设计结合海绵设置节点，包括主要园路和次要园路。透水混凝土慢行绿道为主要园路，园路采用透水砖和透水混凝土作为铺装，其中以生态陶瓷透水砖作为面层的铺砖与旧材料相比具有以下优点：

##### (1) 保湿性

快速渗透并蓄存大量雨水，可以慢慢蒸发，达到降低地表温度的功能，让植被充分得到水分，生长茂盛。使用生态透水砖铺砌路面，不仅可以美化环境，而且还可以解决雨水问题。雨水可渗入地下蓄水，减轻项目用地内排水系统的负担，防止城市河流的泛滥。同时，生态透水砖铺砌的公共场所也不会出现积水，方便行人行走。正是生态透水砖的保湿性，项目中节省部分路面排水设施费用以及减少市政工程中的工程费用。

##### (2) 抗压强度高

本项目使用的生态陶瓷烧结透水砖经过 1300℃ 高温烧制而成，强度非常高，通常大于 45 MPa，可以满足车行人行道共同使用。

##### (3) 耐久、抗风化、安全

生态透水砖抗压耐磨损强度达到国家标准，还具有抗风化性，时间使用较长，经久耐用。下雨时，雨水能及时通过透水砖渗入地下，或者储存于透水砖中，减少路面积水，防滑确保行人的安全。

##### (4) 透水性

雨水可通过透水砖渗入地下，保持路面干燥，补充地下水，减轻市政管网的排水压力，为收集雨水，再次利用地下水提供可能。

#### 4.4.2 植草沟的有效铺设—导流

植草沟在地形最低处合理布置，让下渗后多余的雨水通过植草沟流入景观渗透池，有效收集净化，从而达到导流的效果。在市政道路两侧绿地采用雨水口和植草沟相结合的方式排水，汇总收集排入市政雨水系统。

(1) 植草沟设计在断面形式上采用倒抛物线形、三角形及梯形形式。

(2) 植草沟的边坡坡度(垂直:水平)满足小于 1:3，纵坡也小于 4%。在项目中纵坡较大时设置了为阶梯型植草沟或在中途设置消能台坎。

(3) 植草沟最大流速满足小于 0.8 m/s，曼宁系数为 0.25。

(4) 植草沟内植被高度在设计中被控制在 100 mm~200 mm 以内。

#### 4.4.3 渗透塘的成功过滤—渗透

利用公园的自身条件优势，在低洼处开挖建造成景观渗透塘，地表径流汇流至公园景观水系，将雨水储存在水系中，并通过标高控制做到有效调蓄。当水位过高时，将水排放至市政管网，减缓短时暴雨带来的排涝压力。既避免了为了造景开挖河道造成过多的损失，也能够收集、净化雨水，削减径流峰值流量。采用“景观渗透塘—长效雨水收集系统”和“景观植草沟—短时雨水缓排系”这两种方法来进行雨水收集。

##### (1) 景观渗透塘—长效雨水收集系统

利用公园的自身条件优势，打造雨水渗透塘，将地表水储存在水系中。当水位高于溢流口时，可将水排放至市政管网。必要时可在水系中设置抽水泵，将水用于浇灌养护园林植物。在项目后期在景观水系中，种植水生植物，包括挺水、浮水、沉水植物等构建一个立体的生态系统，保证景观效果的同时有效改善水质。

渗透塘布置于地形低洼处。仿造自然界中的河床，配合湿生植物在意境上营造出生态水塘的景观效果，兼具艺术效果的同时达到效缓解地表径流，储存净化的目的。

1) 渗透塘前设沉砂池、前置塘等预处理设施，去除大颗粒的污染物并减缓流速。

2) 边坡坡度(垂直:水平)设计时满足不大于 1:3，塘底至溢流水位大于 0.6 m。

3) 底部构造附有 200 mm~300mm 的种植土、透水土工布及 300 mm~500mm 的过滤介质层。

4) 渗透塘排水时间设计时已满足小于 24 h。

5) 渗透塘应设溢流设施，并与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统衔接，渗透塘外围应设安全防护措施和警示牌。

#### 4.5 径流控制量试算与达标评估

##### (1) 透水铺装

透水铺装仅参与综合雨量径流系数的计算，空隙容积不计入总径流控制量。

##### (2) 渗透塘

有效调蓄容积  $615 \text{ m}^3$ ，根据此有效调蓄容积，反推对应的设计降雨量为  $51.38 \text{ mm}$ ，温岭市年径流总量控制率为  $94\%$ 。达到设计目标。

##### (3) 年径流量污染物去除率

有效调蓄池容积可得年径流污染物去除率达到  $75.2\%$ ，达到设计要求。

#### 4.6 项目投资

本次设计总面积为  $39558 \text{ m}^2$ ，项目总投资估算  $1410.05$  万元，具体见下表。

表 3 工程投资估算表

序号	名称	单位	数量	综合单价(元)	合价(元)
一	绿化工程				
1	绿化种植	$\text{m}^2$	30441	230	7001430
2	种植土	$\text{m}^2$	18265	50	913230
二	土建工程				
3	绿道(透水混凝土)	$\text{m}^2$	1940	400	776000
4	透水铺装(陶瓷透水砖)	$\text{m}^2$	7177	300	2153100
5	毛石挡墙	m	400	300	120000
6	草坪条石坐凳	组	3	15000	45000
7	长廊	$\text{m}^2$	75	3000	225000
8	树池、花坛等	组	27	1500	40500
9	公共设施、坐凳等其他小品等				30000
三	土方工程				
10	场地整理	$\text{m}^2$	39558	3	118674
11	海绵城市(生态调节塘、卵石边沟)	$\text{m}^2$	2469	200	493800
四	管线工程				
12	给排水工程	$\text{m}^2$	39558	8	316464
13	亮化工程				1200000
五	不可预见费 5%				671660
六	合计				<b>14104858</b>

## 5 建设成果

### 5.1 整体建设成果

项目建成后公园形成一个海绵体，具有改善水质、缓解雨水径流的生态系统，建造的多种不同功能的透水路面，不仅增加了公园的生态性、舒适性和景观性，也保证了地下水资源的平衡稳定，通过雨水补充的渗透池增加了公园的娱乐性。



图9 五龙山公园北入口（下岙严）景观工程改造前后对比图一



图 10 五龙山公园北入口（下岙严）景观工程改造前后对比图二



图 11 五龙山公园北入口（下岙严）景观工程透水塘效果图

## 5.2 效益分析

温岭市五龙山公园北入口（下岙严）景观工程海绵运用，取得了良好的环境效益、经济效益和生态效益。

### （1）环境效益

通过海绵措施的组合利用，形成公园内水体景观，通过设置植草沟、渗透塘等技术有效的控制水径流污染，实现了降雨的净化，保障了公园内良好的水质，为周边市民提供环境优良的休闲娱乐场所。

### （2）经济效益

通过海绵城市的建设，减轻了公园周边管道、河网的负担，用较低的成本实现了雨水的回收利用，节约公园内用水量。

### （3）生态效益

项目实现了年径流总量控制率目标，透水铺装、植草沟、渗透池等有效滞蓄雨水，保证了地下水的稳定和良性循环。

### 5.3 预留空间

（1）入口迎宾空间。以花池及地雕为景观主景，为游客提供引导，并具备一定集散及休憩作用。

（2）林荫漫步空间。沿绿道两侧种植冠大荫浓的乔木，形成林荫漫步道，为游客提供舒适安静的空间。

（3）阳光草坪空间。以阳光大草坪为核心，配景观廊架，供游客活动休闲。

考虑今后城市建设，对于公园未来的发展做了较多的预留空间。预留阳光大草坪，林荫漫步空间为后续城市河道的建设预留空间。

### 5.4 投资分析

与传统做法相比，目前海绵城市建设价格相对较高，但海绵设施的运用可为环境带来其他方面的效益。随着后续海绵城市的发展，海绵设施的材料市场化后的价格会有所变动，海绵城市建设的成本基本在可控范围内；海绵设施的应用，实现了雨水的回用，减少了公园周边管道、河网的负担。

表4 五龙山公园北入口（下岙严）景观工程LID设施与传统做法投资比较分析表

序号	LID设施投资（元/m <sup>2</sup> ）		传统做法投资（元/m <sup>2</sup> ）		LID相比传统做法增加费用（元/m <sup>2</sup> ）
	材料	投资	材料	投资	
1	透水混凝土路面	400	普通混凝土路面	200	200
2	透水砖路面	300	花岗岩铺装	320	-20
3	植草沟	200	普通绿地	180	20
4	渗透塘	200	普通绿地	180	20

## 6 项目总结

温岭市五龙山公园北入口（下岙严）景观工程的建成，使得周边居民有了一个可游可赏的多功能空间，且具有生态示范作用。公园结合海绵城市建设，应用植草沟、铺设透水铺装、建设渗透池等海绵措施，使得该项目成为温岭市深入贯彻落实“既要青山银山，也要青山绿水”生态理念的良好案例。

### 6.1 项目难点

温岭市五龙山公园北入口（下岙严）景观工程在建造过程中遇到不少挑战。在项目设计过程中，设计方考察了多处已建成的公园，以寻求合适的透水性铺装材料，最终选定透水混凝土、透水砖及透水沥青等多种材料。施工过程中，在建

设初期周边居民对“海绵城市”理念和新型材料不了解，从而对项目的实施持观望态度，后期随着项目的逐步推进和海绵城市的相关知识的及时普及，越来越多的居民开始走进公园，开始学习并了解海绵城市的知识，享受公园的娱乐时光。

## 6.2 项目设计及海绵材料

通过低影响开发雨水系统设计，采用透水铺装、植草沟、渗透塘等主要措施，借鉴下沉式绿地、湿塘、雨水湿地、调节塘其他手段，综合治理。

公园采用植草沟、渗透塘等低影响开发设施，践行了“两山理论”的重要指示。在公园中，设计并实施了透水混凝土漫步道以及透水铺装健身道。此外，水系中种有沉水植物、浮水植物和挺水植物。可利用植物吸收水体中的污染物质，净化水质，同时通过植物的合理配置，构建岸边景观带，既能拦截源污染又能柔化生硬的驳岸，形成良好的景观效果。

## 6.3 项目建议

项目建设前期需对公园建设范围内的降雨情况，特别是暴雨情况资料进行多方考察并收集，在易积水处设置雨水收集设施，确保海绵设施有足够调蓄容积。

## 6.4 项目运维

市民公园后期养护主要包括道路、排水系统和园林等方面，各相关部门和责任单位依据责任分工负责监察。日常养护要按相关规定进行，如遇突发暴雨等情况，相关部门需要及时了解情况，及时作出应急处理，将损失降至最低。

## 6.5 项目成效

温岭市五龙山公园北入口（下岙严）景观工程的建成，使得原本杂乱的菜地据身变成一个美丽洁净的生态空间，雨水通过透水性铺装流入植草沟，最终汇果到渗透塘，极大缓解了周围市政雨水管线的排水压力，经过净化的渗透塘中的雨水可用作园内的绿化用水及洗车等，减少了城市生活用水供水的压力。

公园建成后吸引了周边大量居民，通过宣传介绍海绵城市的相关知识，使得居民在游玩的同时，能够对海绵城市有所了解，带动了大家的参与性，为周边居民提供了一个可游、可赏，兼具社交功能的多功能的生态空间。

## 6.6 示范意义

构建“海绵城市”，恢复城市地面透水性，提高空气质量，为建设生态幸福家园贡献一份力量。温岭市五龙山公园北入口（下岙严）景观工程参与建设的各方都对“海绵城理念”进行了探索，并将理念进行了实践。公园建成后，整体景观效果良好，海绵城市实践成果初步显现。现在正是海绵城市建设的大浪潮，温岭市五龙山公园北入口（下岙严）景观工程的建成，为以后类似海绵公园的建设提供了良好的借鉴实例。公园作为局部的海绵系统，与今后改造和新建的公园连成整个城市的大海绵，将对改善城市生态环境具有重要意义。