

# 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（2018年度第三期）

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、嘉兴市南湖大道海绵城市建设工程总承包（EPC）项目</b> .....	<b>1</b>
1 现状基本情况.....	1
1.1 项目基本情况.....	1
1.2 项目排水系统现状.....	3
1.3 气候及场地基本情况.....	3
2 存在问题.....	3
3 海绵城市建设目标.....	4
3.1 建设原则.....	4
3.2 建设目标.....	4
3.3 设计依据.....	5
4 海绵城市系统设计.....	6
4.1 竖向设计.....	7
4.2 汇水区域划分及雨水控制分解设计.....	7
4.3 低影响开发设施详细设计.....	8
5 建成效果.....	11
5.1 模型模拟.....	11
5.2 实际效果.....	12
5.3 改造对比.....	13
5.4 经济分析.....	14
6 项目总结.....	15
6.1 项目难点.....	15
6.2 新材料、新工艺.....	15
6.3 项目施工.....	15
6.4 项目运维.....	15
6.5 项目成效.....	15
6.6 示范意义.....	16
<b>二、宁波市洪塘街道姚江花园综合整治工程</b> .....	<b>17</b>
1 基本情况.....	17
1.1 项目基础条件分析.....	18
2 问题与需求分析.....	19
2.1 停车问题.....	19

2.2	景观问题	20
2.3	项目现状排水问题分析	20
3	设计目标与依据	21
3.1	设计目标	21
3.2	设计依据	22
4	海绵工程设计	23
4.1	设计流程	23
4.2	汇水分区划分	23
4.3	分区详细设计	24
4.4	雨水管道系统方案	24
4.5	LID 方案设计	25
4.6	典型海绵设施做法及说明	26
4.7	内涝防治方案	29
4.8	工程实施建议	29
4.9	后期维护	30
5	效果评估	30
5.1	建设效果	30
5.2	目标复核	33
6	项目自评	34
<b>三、绍兴市洋泾湖公园二期海绵城市建设工程</b>		<b>35</b>
1	基本情况	35
1.1	区位分析	35
1.2	气候与场地条件	35
1.3	水文地质条件	37
1.4	项目区基本情况	37
2	问题与需求分析	38
3	设计原则和目标	38
3.1	设计原则	38
3.2	设计目标	38
3.3	指标控制	39
3.4	设计依据	39
4	海绵城市方案设计	40
4.1	设计流程	40
4.2	设计方案	41

5	效果评估.....	45
5.1	模型评估.....	45
5.2	效果监测.....	46
6	建设效果.....	47
6.1	工程实景.....	47
6.2	经济分析.....	47
7	项目总结.....	49
7.1	项目难点.....	49
7.2	项目设计.....	49
7.3	工艺材料.....	50
7.4	项目施工.....	50
7.5	项目运维.....	50
7.6	项目成效.....	50
7.7	示范意义.....	51
<b>四、衢州学院图书馆周边海绵城市配套提升工程.....</b>		<b>52</b>
1	项目概况.....	52
1.1	基本情况.....	52
1.2	场地条件.....	53
2	问题及需求分析.....	55
2.1	管网排水能力偏低，内涝积水严重.....	55
2.2	地表径流源头控制，削减径流污染.....	55
2.3	雨水集蓄，提高雨水资源利用率.....	55
3	海绵城市建设原则与目标.....	55
3.1	建设原则.....	55
3.2	建设要求.....	55
3.3	建设目标.....	56
3.4	设计依据.....	56
4	海绵城市建设方案.....	56
4.1	设计流程.....	56
4.2	调蓄容积设置.....	57
4.3	汇水分区划分.....	58
4.4	详细设计.....	58
5	建设目标校核.....	64

5.1 年径流总量控制率 .....	64
5.2 径流污染削减率（SS 计） .....	64
6 效益分析 .....	65
7 项目总结 .....	66
7.1 项目特点 .....	66
7.2 项目难点 .....	66
7.3 技术总结 .....	66
7.4 项目情况 .....	66
7.5 项目运维 .....	66
<b>五、台州湾循环经济产业集聚区东部新区中心消防站海绵城市建设工程 .....</b>	<b>67</b>
1 项目基本情况 .....	67
1.1 项目背景 .....	67
1.2 场地区位分析 .....	68
1.3 气候条件 .....	68
1.4 水文地质条件 .....	68
1.5 场地条件 .....	69
1.6 实施目的和意义 .....	70
2 问题与需求分析 .....	70
3 建设目标与设计原则 .....	71
3.1 设计目标 .....	71
3.2 设计原则 .....	71
3.3 设计依据 .....	72
4 海绵工程设计 .....	72
4.1 技术路线 .....	72
4.2 总体方案设计 .....	72
4.3 分区详细设计 .....	75
4.4 施工过程与要点 .....	77
5 建成效果 .....	78
5.1 指标复核 .....	78
5.2 设计效果图 .....	79
5.3 工程造价 .....	81
6 项目总结 .....	81

6.1 项目难点 .....	81
6.2 项目设计 .....	81
6.3 海绵材料 .....	81
6.4 项目建设 .....	82
6.5 项目运维 .....	82
6.6 项目成效 .....	82
6.7 示范意义 .....	83
<b>六、青山湖国家森林公园环湖绿道工程 .....</b>	<b>84</b>
1 项目基本情况 .....	84
1.1 项目背景 .....	84
1.2 场地区位分析 .....	86
1.3 气候条件 .....	86
1.4 场地条件 .....	86
1.5 实施目的和意义 .....	87
2 问题与需求分析 .....	88
3 建设目标与设计原则 .....	88
3.1 设计目标 .....	88
3.2 设计原则 .....	88
3.3 设计依据 .....	89
4 海绵工程设计 .....	89
4.1 技术路线 .....	89
4.2 总体方案设计 .....	89
4.3 施工过程与要点 .....	93
5 建成效果 .....	94
5.1 实景与效果图 .....	94
5.2 工程造价 .....	95
6 项目总结 .....	96
6.1 项目难点 .....	96
6.2 项目设计 .....	96
6.3 项目运维 .....	96
6.4 项目成效 .....	96
6.5 示范意义 .....	97



# 嘉兴市南湖大道海绵城市建设工程总承包 (EPC) 项目

1

**项目位置：**北起中环南路，经南湖新区、中南路和规划外环路，至乍嘉苏高速公路和嘉绍高速公路交汇处

**项目规模：**占地面积 38.8 hm<sup>2</sup>

**竣工时间：**2018年2月



嘉兴市地形平坦，水网密布，具有浓厚的江南水乡特色。地表水环境质量整体较差是目前嘉兴市面临的最主要环境问题之一。通过海绵城市中的水环境治理、水生态修复等手段，改善水质，恢复水乡风貌，促进城市可持续发展和健康建设，并形成可推广、可复制的经验，为我国平原河网地区的海绵城市建设起到先锋探索的作用。本项目为国家海绵城市试点城市项目，在生态文明建设的大背景下，针对目前道路积水、绿化等问题，通过海绵设施构建及道路景观综合改造提升，以期成为展示嘉兴市海绵城市建设成效和城市景观风貌的示范窗口。

## 1 现状基本情况

### 1.1 项目基本情况

嘉兴市海绵城市试点区面积为 18.44 km<sup>2</sup>，位于城市防洪工程范围，包括 I-8、I-10、I-15、I-19、I-20、I-21、I-22 和 I-24 八个汇水分区（如下图）。其中 I-10 为城中片合流制区域、其余均为分流制区域。

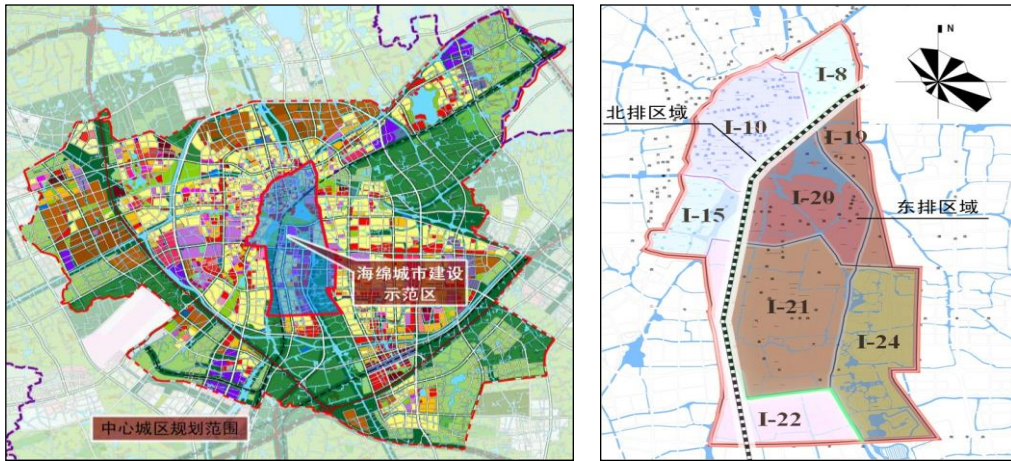


图1 嘉兴市海绵城市建设试点区位图

本项目位于 I-22 和 I-24 片区交界处。南湖大道作为嘉兴主入城口的门户道路，修建之初，周边皆为农田村庄，主要采取密植（苗圃式）的种植手法，短期内形成了充足的绿化量，达到了初步的道路绿化效果，同时也屏蔽了周边杂乱的环境。随着城市的发展，南湖大道沿路两侧用地也逐步发展为国际商业金融区，屏障式的种植效果已经不能适应新时期区位发展的定位和要求，须进行改造提升。



图2 南湖大道区位图

南湖大道海绵城市建设工程的设计范围北起中环南路，南至樵李路，含中央绿化带宽 8 m，双向 8 车道，单侧机动车道宽 18 m，外侧树池宽 1.5 m，人行步道宽 3 m~8 m，后退绿地宽 30 m，红线范围 38.8 hm<sup>2</sup>，去除机动车道及中央绿化

带面积，实际设计面积约 22.4 hm<sup>2</sup>。

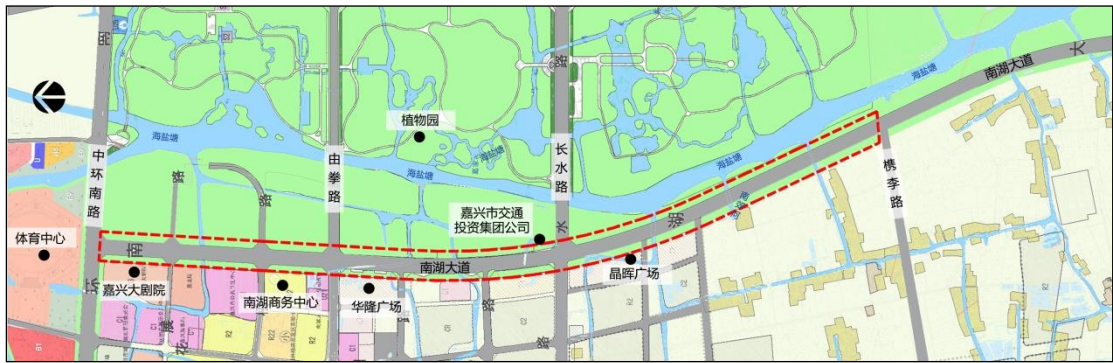


图3 南湖大道设计范围图

### 1.2 项目排水系统现状

本项目设计范围内排水系统为分流制。南湖大道道路两侧均有雨水管，管径大都在 DN400~DN800，局部路段有 DN1000 管道，就近排放周边河道。现状雨水管道分布图如下：

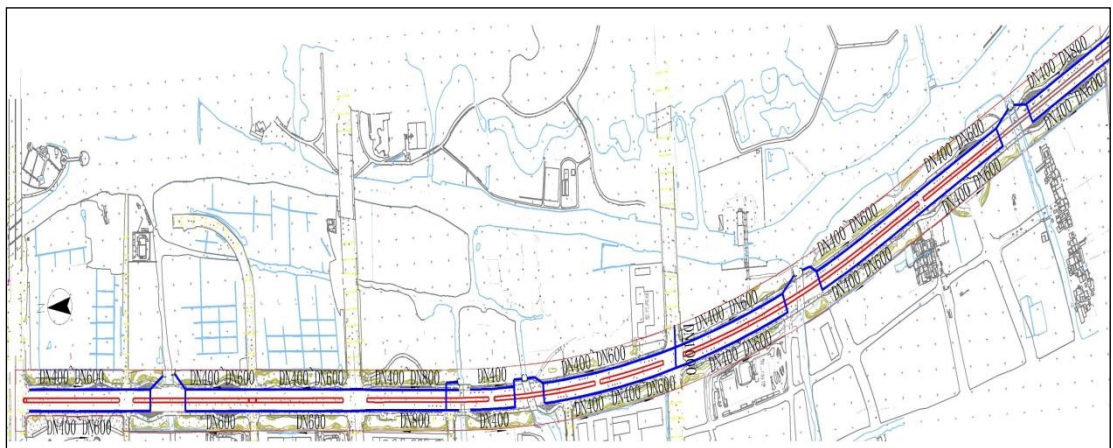


图4 南湖大道现状雨水管道图

### 1.3 气候及场地基本情况

嘉兴市多年平均气温 15.9℃，极端最高气温 40.5℃，极端最低气温 -12.4℃；多年平均降水量 1199.2 mm，降水大部分集中在 3~9 月，月季分配呈现梅雨型和台风型的双峰型降水特征；嘉兴站多年平均水位 0.98 m，枯水位 0.46 m~0.66 m，可控制市区河道最高水位不超过 2.16 m；环城河内旧城区标高 2.16~4.16 m，内有部分低洼地区和沿河低洼地带地面标高在 2.16 m 以下；土层从上至下依次为填土层、粉质粘土层、淤泥质粉质黏土层，渗透系数约为 60 mm/d。

## 2 存在问题

(1) 道路局部积水：南湖大道建成年限长，人行道普遍失修，部分十字路口积水严重。

(2) 道路径流污染直接排放：结合南湖大道现状管网情况判断，项目范围内雨水排放口有 10 个，在暴雨时，雨水排放口将道路径流污染物、周边部分开发地块雨水径流污染物带入海盐塘河道，造成水体黑臭等现象。

(3) 现状植被杂乱：由于建设初期密植的植被多年来未经疏理，目前已经形成密林，生长空间十分局限，最密植处树木之间平均间距约 1 m，林中已经出现大量因照射不到阳光而导致偏冠、生长不良、或者枯死等问题。另外，两侧绿地内基本为同一品种或几个品种成片密植，互生群落较少，整体呈逐步退化的人工林状态，并非群落稳定的生态林。从生态角度看，亟待改善；从景观角度看，整体树种选择较为单一，缺少特色植物的景观营造。

(4) 人行铺装及配套设施老旧：目前人行道宽度 3 m~8 m，局部过宽，缺少绿化遮阴。人行铺装以灰色、红色陶土砖为主，样式和质感较为陈旧，且不透水。公交站台较为简陋，视觉效果不佳。景观小品较少，缺少标识系统。

### 3 海绵城市建设目标

#### 3.1 建设原则

(1) 因地制宜：本项目为改造工程，设计方案结合现场实际情况优化比选。

(2) 绿灰结合、绿色优先：雨水径流控制优先考虑绿色设施，同时适当采用灰色设施进行调蓄利用。

(3) 低影响开发（LID）的建设理念：低影响开发设施结合道路、绿化、景观综合布置，雨水系统采用“渗、滞、蓄、净、用、排”等措施，控制雨水年径流总量，削减初期雨水径流污染。

#### 3.2 建设目标

南湖大道年径流总量控制率及径流系数控制要求如下：

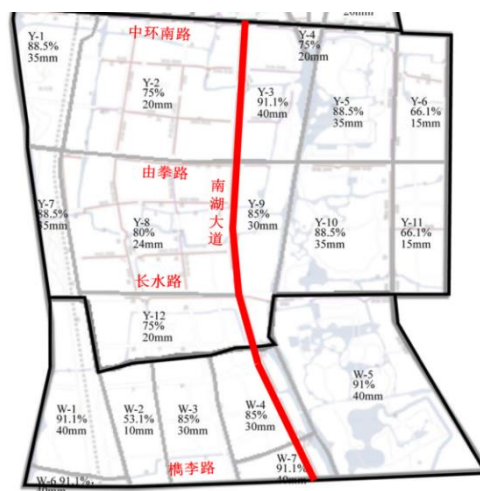


图 5 南湖大道年径流总量控制率要求

表 1 南湖大道年径流总量控制率及径流系数控制要求

项目名称	所属区块	分项占地面积	包含项目	代表性指标			综合指标
				径流系数		年径流总量控制率	年径流总量控制率
				现状	规划		
南湖大道(中环南路-樵李路)含两侧	Y2	29670	南湖大道(中环南路-由拳路)	0.80	0.70	75.0%	85.06%
		9532	南湖大道两侧(中环南路-由拳路)西侧区域	0.64		75.0%	
	Y3	29670	南湖大道(中环南路-由拳路)	0.80	0.72	91.1%	
		17394	南湖大道(中环南路-由拳路)东侧区域	0.40		91.10%	
	Y8	28380	南湖大道(由拳路-长水路)	0.76	0.73	80.0%	
		739	南湖大道(由拳路-长水路)西侧区域	0.50	0.50	80.0%	
	Y9	28380	南湖大道(由拳路-马塘泾港)	0.80	0.71	85.0%	
		13129	南湖大道(由拳路-马塘泾港)东侧区域	0.60	0.60	85.0%	
	Y12	11520	南湖大道(长水路-马塘泾港)	0.80	0.74	75.0%	
		7440	南湖大道(长水路-马塘泾港)西侧区域	0.47	0.46	75.0%	
	W4	42840	南湖大道(马塘泾港-隆兴港)	0.80	0.73	85.0%	
		1698	南湖大道(马塘泾港-隆兴港)两侧区域	0.33	0.32	85.0%	
	W7	16920	南湖大道(隆兴港-樵李路)	0.80	0.77	91.1%	
		20013	南湖大道(隆兴港-樵李路)两侧区域	0.41	0.39	91.1%	

### 3.3 设计依据

- (1) 《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建（试行）》  
——住房和城乡建设部 2014年10月
- (2) 《浙江省嘉兴市海绵城市建设试点城市实施方案》

—— 嘉兴市人民政府 2015年02月

(3) 《嘉兴市城市低影响开发规划设计导则》

—— 嘉兴市规划设计研究院有限公司 2012年10月

(4) 《嘉兴市城市排水（雨水）防涝规划》

—— 嘉兴市规划设计研究院有限公司 2014年12月

(5) 《嘉兴市中心城区污水专项规划调整》

—— 嘉兴市规划设计研究院有限公司 2011年12月

(6) 《嘉兴市南湖大道区块海绵城市建设工程专项方案设计》

—— 浙江省城乡规划设计研究院 2015年11月

(7) 《关于嘉兴市南湖大道区块海绵城市建设工程项目建议书的批复》

—— 嘉兴市发展和改革委员会 2016年04月

(8) 《城市道路工程设计规范》（CJJ37-2012）（2016版）

(9) 《城镇道路路面设计规范》（CJJ169-2012）

(10) 《透水水泥混凝土路面技术规程》（CJJ/T 135-2009）

(11) 《城市道路路基设计规范》（CJJ 94-2013）

(12) 《室外排水设计规范》（GB50014-2006）（2016年版）

(13) 《给水排水工程管道结构设计规范》（GB50332-2002）

(14) 《给水排水工程构筑物结构设计规范》（GB50069-2002）

(15) 《城市道路照明设计标准》（CJJ45-2015）

(16) 《工程建设标准强制性条文》（城镇建设部分 2013年版）

#### 4 海绵城市系统设计

本项目海绵城市建设主要目标为：通过低影响开发技术措施提高场地年径流总量控制率，提升南湖大道管网排水能力，切断河道污染源，达到雨水径流面源污染控制，从而改善南湖大道周边河道水环境。技术路线图如下：

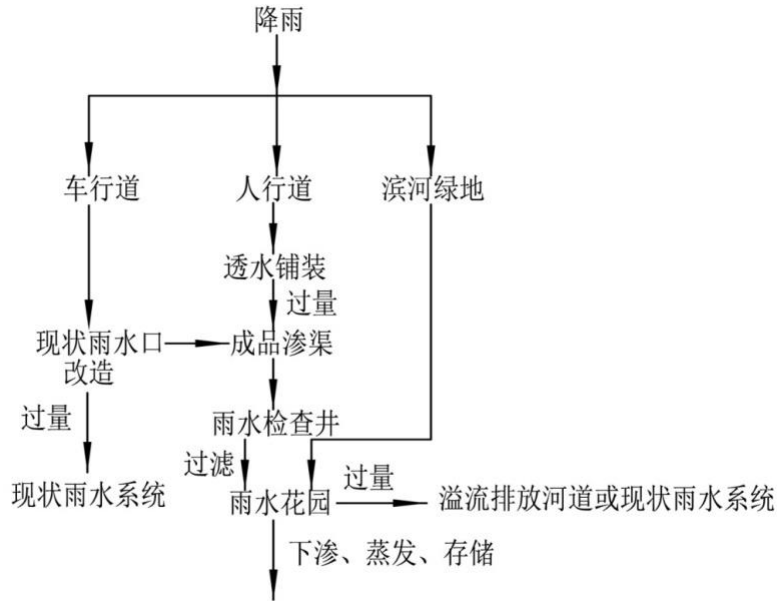


图6 南湖大道海绵城市建设技术路线

#### 4.1 竖向设计

现状竖向从人行道向内侧绿地逐渐降低，绿地与周边用地之间的挡墙、排水沟交接处为最低点。竖向设计以现状道路标高为依据，以原有低洼地形为改造基础，节点及道路交叉口绿地可根据现状地形进行适当堆坡，绿地内挖填方尽量做到土方就地平衡。游步道纵坡基本控制在 0.3%~0.6%之间，横坡为 1.0%（向内侧绿地、雨水花园排坡），满足排水需求。局部河道衔接处的步道纵坡控制在 5%以内。场地坡度不小于 0.5%，绿地坡度不大于 1:3。休憩场地与绿地交接处，绿地应比铺装低 2 cm~4 cm，满足场地向绿地排水需求。



图7 南湖大道竖向设计图（部分段）

#### 4.2 汇水区域划分及雨水控制分解设计

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根据《海绵城市建设技术指南-低影响开发雨水系统构建》推荐的容积法进行计算。

$$V=10H\phi F$$

式中： $V$ —控制规模， $m^3$ ；

$H$ —设计控制降雨量， $mm$ ；

$\phi$ —汇水面积内综合径流系数；

$F$ —汇水面积， $hm^2$ 。

本设计通过分散式源头控制方式，将控制目标分解至 60 个区块内，通过将雨水径流引入成雨水口截污设施、透水铺装、侧石开口、雨水花园等设施，以实现区块内雨水的存储、净化、滞留及下渗，达到总量控制目标。本次设计范围总面积约  $38.25 hm^2$ ，通过计算需控制雨水总量为  $6456 m^3$ ，设计 LID 设施累计储水量达  $7777 m^3$ 。而经 SWMM 模型验证结果，本方案年径流总量控制率达到 90.9%，满足设计要求。



图 8 南湖大道汇水区设计图

### 4.3 低影响开发设施详细设计

#### (1) 雨水口设计（现状雨水口改造）

由于南湖大道现状交通量较大，为了减少施工对现状交通造成的影响，本设计采用新型现状雨水口改造方案。小雨时雨水口内雨水通过成品渗渠进入绿地内雨水花园进行控制，大雨时过量雨水在现状雨水口内溢流进入现状雨水管网系统。不仅能保证道路不发生积水内涝且将控制雨水收集进入海绵设施，还能最大程度地保护原有车行道不受影响。具体改造设计图如下：



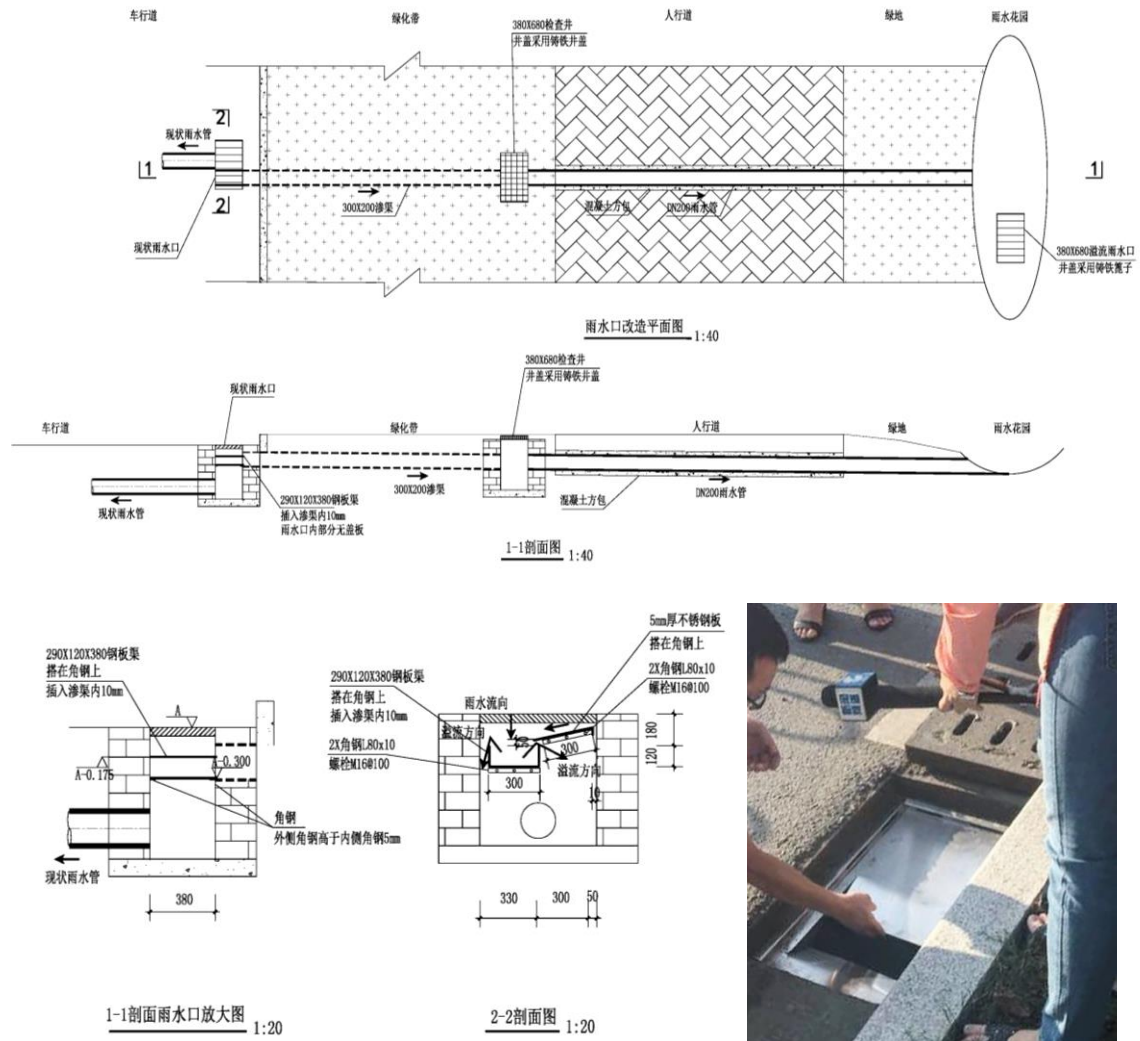


图9 南湖大道雨水口改造设计图

(2) 下凹式绿地/植草浅沟

下凹式绿地是将普通绿地下凹一定深度以达到滞留收集雨水的目的。其主要设计参数是下凹深度，一般建议下凹深度  $H=10\text{ cm}\sim 15\text{ cm}$ 。下凹式绿地内一般应设置溢流口（如雨水口），或通过叠石围挡溢流（靠近水域的情况），保证暴雨时径流的溢流排放，溢流口顶部标高一般应高于绿地  $5\text{ cm}\sim 10\text{ cm}$ 。

本项目设计范围内根据汇水需求将部分绿地改造成下凹式绿地，目的是将道路雨水引入下凹式绿地并汇入雨水花园。下凹式绿地宽度可根据实际地形具体设定，一般不宜小于  $1\text{ m}$ 。下凹式绿地/植草浅沟的设计图如下：



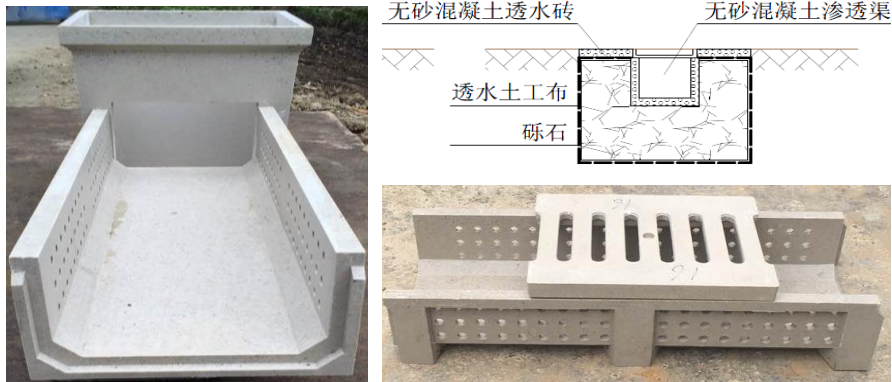


图 12 南湖大道排水渗渠设计图

## 5 建成效果

### 5.1 模型模拟

根据 SWMM 模型模拟,本项目设计红线范围内年径流总量控制率为 90.9%,综合径流系数  $\phi$  为 0.41,雨水综合处置率为 100%,均满足规划要求。

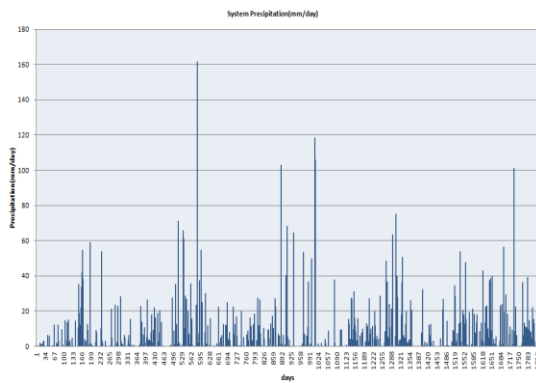


图 13 嘉兴市降雨资料图



图 14 南湖大道雨水管道规划图

2011年1月~2015年12月累积总降雨量为 6445.3 mm, 雨量分配表如下:

表 2 雨量分配表

序号	项目	数值 (mm)
1	总降雨量	6445.3
2	蒸发量	667.1
3	下渗量	3883.4
4	地表径流量	812.5
5	LID 排放量	1068.1
6	末端储存量	4.5
7	误差 (%)	0.032

通过计算分析后的各雨水排放口雨量排放表如下：

表 3 设计排放口雨量排放表

排放口名称	形式	最大流量 (L/s)	总排出量 (m <sup>3</sup> )
<b>PFK1</b>	排出	750.96	101297
<b>PFK2</b>	排出	573.43	103795
<b>PFK3</b>	排出	22.89	43770
<b>PFK4</b>	排出	242.56	43663
<b>PFK5</b>	排出	637.35	94459
<b>PFK6</b>	排出	416.28	81437
<b>PFK7</b>	排出	80.61	95639
<b>PFK8</b>	排出	510.50	34232
<b>PFK9</b>	排出	655.88	54299

依据《浙江省嘉兴市海绵城市建设试点城市实施方案》中对年径流总量控制率的目标要求，南湖大道设计年径流总量控制率目标为 85.06%。由模拟结果可知，总雨水排出量为 664829 m<sup>3</sup>，其中经源头 LID 处理后盲管出流量为 434966 m<sup>3</sup>，即实际总雨水排出量为 229863 m<sup>3</sup>。利用年径流总量控制率计算公式可得南湖大道年径流总量控制率为 90.9%，符合规范要求。

依据《海绵城市工程建设要求》中对综合径流系数的目标要求，现状综合径流系数为 0.47，通过计算得到项目实际 LID 设计改造后综合径流系数为 0.41，因此地块改造后小于改造前，符合规范要求。

## 5.2 实际效果

### (1) 人行道铺装改造

将原人行道改为 4 m 宽，原广场砖铺装改造为生态陶瓷透水砖铺装，局部以花岗岩点缀。



图 15 人行道铺装改造效果对比图

### (2) LID 设施-植草沟

植草沟是本项目道路周边绿地普遍采用的 LID 设施，可用作收集、输送雨水的生态设施，也可通过土壤过滤处理雨水径流。植草沟一般下凹深度为 10 cm~30 cm，宽度 1 m~2 m。本工程中植草沟设置在道路旁边及绿地广场周边，将雨水径流输送至雨水花园。



图 16 植草沟布置效果图

### (3) LID 设施-雨水花园

雨水花园指具有一定的调蓄容积，且可用于调蓄、净化和入渗径流雨水，一般设置在下凹式绿地中央或交叉处。雨水花园一般下凹深度为 20 cm~40 cm。



图 17 雨水花园布置效果图

## 5.3 改造对比





图 18 改造前后对比效果图

## 5.4 经济分析

本项目概算总投资 4040.90 万元，其中建安费 3744.66 万元。与传统工程投资相比，本项目主要海绵设施增加的投资约 582.73 万元，折合单位面积新增工程投资约 15.02 元/m<sup>2</sup>，部分海绵设施投资增量详见下表：

表 4 南湖大道部分海绵设施与传统做法单价对比

序号	海绵设施做法	投资(元/m <sup>2</sup> )	传统做法	投资(元/m <sup>2</sup> )	增加投资(元/m <sup>2</sup> )
1	下沉式绿地	225	普通绿地	180	45
2	透水混凝土路面	230	混凝土路面	200	30
3	陶瓷透水砖路面	437	花岗岩铺装	323	114

## 6 项目总结

### 6.1 项目难点

本项目为道路改造项目，道路周边地下管线情况较为复杂，且现状雨水管道年久失修，破损及淤积情况较为严重，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

本项目在实施过程中大胆选用新技术、新材料、新工艺。比如对道路雨水口进行创新性改造，在不影响原道路、交通的情况下完成海绵改造内容；人行道改造采用透水陶瓷砖，增大了道路对雨水的调蓄能力。

### 6.3 项目施工

在施工过程中一定要严格遵守设计图纸，保证开挖深度，才能使改造效果满足预期要求；对换填土壤进行充分搅拌，以便达到最好的蓄水、滤水效果，并保证长期有效。

### 6.4 项目运维

目前本项目中各项海绵设施的日常运行维护由专业公司负责，通过 2017 年对该项目的跟踪调查发现，部分源头处理设施的管护不够及时。比如透水砖路面及透水混凝土路面，由于清理不及时，道路表面存有大量树叶、泥沙及果实等，对雨水快速入渗造成一定影响。对类似设施应制定详细的管护标准和计划，保证设施的正常运行。

### 6.5 项目成效

#### （1）水生态效益

借助 SWMM 模型连续降雨模拟，通过低影响开发雨水系统的建设，南湖大道年径流总量控制率达到 90.9%。

#### （2）水环境效益

通过低影响开发雨水系统建设，大大削减了设计范围内的初期雨水面源污染。根据南湖大道现场 3 次不同降雨的外排水量、SS 总量、COD 总量，对比本底监测数据，得到 3 场降雨平均径流总量控制率为 86.76%、平均 COD 削减率为 92.19%、平均 SS 削减率为 95.69%。具体如下表所示：

表 5 南湖大道径流总量控制率、SS 削减率、COD 削减率数据分析表

项目	日期	降雨量 (mm)	降雨历时 (h)	径流总量控制 率 (%)	COD 削减 率 (%)	SS 削减率 (%)
南湖 大道	2017/9/11	30.4	4	79.37%	94.73%	95.03%
	2017/9/20	33.2	17	89.83%	90.59%	97.50%
	2017/10/15	37.8	21	91.07%	91.24%	94.53%
平均值		33.8	14	86.76%	92.19%	95.69%

### 6.6 示范意义

本项目为入城口快速路改造项目，交通流量大，项目实施过程中基本不对原道路交通产生影响，为日后相关道路改造提供了新思路、新方法。



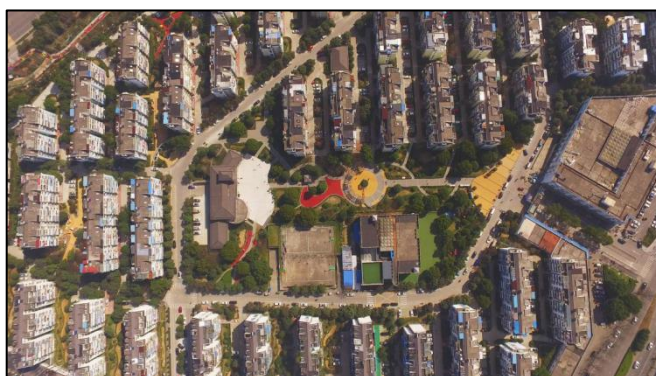
## 宁波市洪塘街道姚江花园综合整治工程

2

**项目位置：**宁波市江北区

**项目规模：**18 ha

**竣工时间：**2018年3月



2016年4月宁波市成功入选国家第二批海绵城市建设试点城市，并确定了慈城—姚江片区 $30.95\text{ km}^2$ 范围作为宁波市海绵城市建设试点区。试点区包括慈城新区、前洋立交东北侧地块（电商园区）、姚江新区启动区、姚江新区和谢家地块、慈城古县城、天水家园以北地段、湾头地块。宁波海绵城市建设通过构建海绵城市低影响开发雨水控制利用系统，“绿-灰”结合、“地上-地下”结合和“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。姚江花园结合停车位改造和绿化升级工程建设，根据《宁波市海绵城市建设试点实施方案》要求，同期进行海绵城市改造。

### 1 基本情况

姚江花园位于洪塘中路与江北大道西南角，紧邻宁波海绵城市建设试点区，占地约18 ha，为2003年建成的安置房小区。区内以6层建筑为主，总建筑面积约30万 $\text{m}^2$ ，2332户，居民7000多人，绿化率较高。

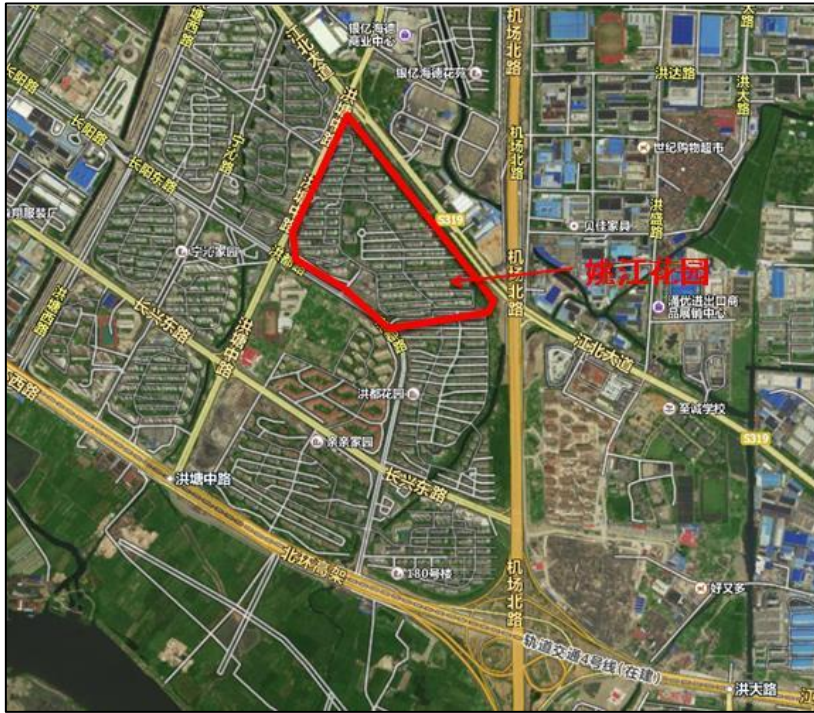


图1 项目位置示意图



图2 项目与试点区区位图

## 1.1 项目基础条件分析

### 1.1.1 基底现状

现状屋顶面积 44517 m<sup>2</sup>、硬质地面 74707.8 m<sup>2</sup>、绿化 59259.5 m<sup>2</sup>（已扣除停车位改造占用量）。小区绿化较多，绿化率达 33.2%，海绵城市改造条件较好。

表 1 改造前基底现状情况

分区名称	分区面积 (m <sup>2</sup> )	硬质屋面面积 (m <sup>2</sup> )	硬质地面面积 (m <sup>2</sup> )	总绿地面积 (m <sup>2</sup> )	绿地率 (%)	改造前综合径流系数
姚江花园	178484.4	44517	74707.8	59259.5	33.2	0.618

### 1.1.2 高程现状

小区内地势较为平缓，场地高程 2.7 m~3.1 m；内涝风险点位于小区东部道路局部低点处，根据现场调研，大雨时，最深积水约 50 cm，影响居民出入。



图 3 高程现状图

## 2 问题与需求分析

### 2.1 停车问题

小区目前车辆约 1400 辆，但仅配建停车位 421 个，地上 251 个，地下 170 个（未交付）。小区车位紧张，机动车占用人行道，行人只能走车行道，存在安全隐患；机动车占用绿地，破坏绿地，影响小区环境；机动车停车占用道路，道路不畅通，存在消防安全隐患；停车位铺装破损，影响机动车停放。



图4 现状停车问题

## 2.2 景观问题

- 1、人为毁坏严重，出现植物缺失泥土裸露，有些区域被硬质水泥覆盖；
- 2、后期养护不到位，植物退化、枯死严重；
- 3、植物配置普通，重要节点植物没有特色。



图5 现状景观照片

## 2.3 项目现状排水问题分析

根据姚江花园给排水施工图，小区排水为雨污分流，现状共有 5 处雨水出口，均通过 DN400-i 0.3% 管道（满管流量 148.29 L/s）排向周边道路市政雨水系统。

据小区居委会反映，排向江北大街的雨水管由于某些原因可能已经不通，这也加剧了小区低洼处的积水深度和扩大了积水范围。

现状雨落管均直接接入雨水管道系统，小区南北两侧雨水立管存在混接现象。



图6 淹水照片

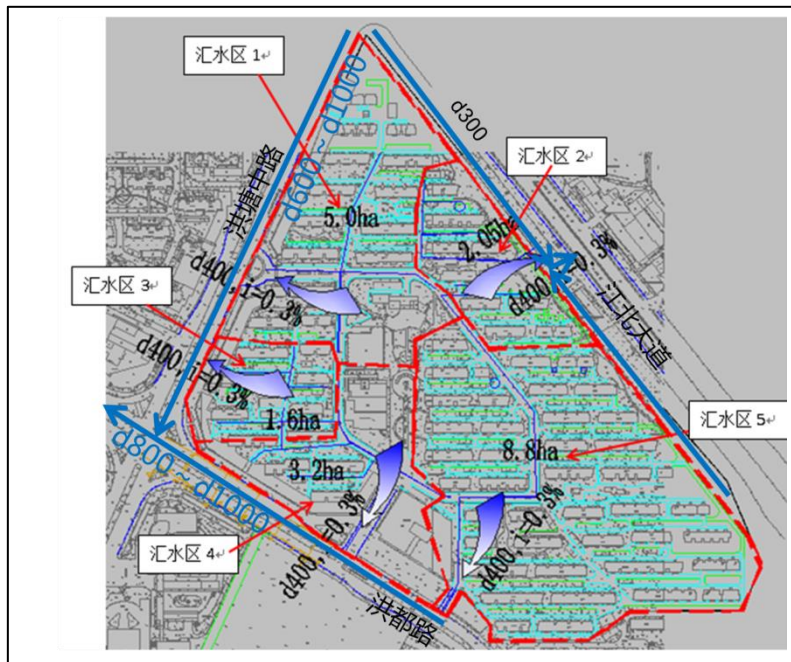


图7 汇水区示意图

### 3 设计目标与依据

#### 3.1 设计目标

本项目设计年径流总量控制率 70%，面源污染（TSS）削减率 60%，同时有

效应对 50 年一遇暴雨。

将海绵建设工程融入小区停车位改造、内涝防治和景观提升工程。充分利用小区绿化，在部分绿化底部设置砾石渗排系统，并尽量连为一体；绿化表面结合现有雨水立管，局部设置 LID 源头控制系统，同时做好相应的景观提升改造。

### 3.2 设计依据

本次施工图设计遵循的标准、规范、规程如下：

- (1) 《工程建设标准强制性条文》（城镇建设部分）2013 版；
- (2) 《市政公用工程设计文件编制深度规定》（2013 版）；
- (3) 《建筑给水排水制图标准》（GB 50106-2016）；
- (4) 《室外排水设计规范》（GB 50014-2006）（2016 版）；
- (5) 《城镇给水排水技术规范》（GB 50788-2012）；
- (6) 《给水排水工程管道结构设计规范》（GB 50332-2002）；
- (7) 《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》（GB 50032-2003）；
- (8) 《给水排水工程构筑物结构设计规范》（GB 50069-2002）；
- (9) 《混凝土结构设计规范》（GB 50010-2010）（2015 版）；
- (10) 《给水排水管道工程施工及验收规范》（GB 50268-2008）；
- (11) 《混凝土和钢筋混凝土排水管》（GB/T 11836-2009）；
- (12) 《污水用球墨铸铁管、管件和附件》（GB/T 26081-2010）；
- (13) 《埋地塑料排水管道工程技术规范》（CJJ 143-2010）；
- (14) 《埋地用聚乙烯（PE）结构壁管道系统第 2 部分：聚乙烯缠绕结构壁管材（GB/T 19472.2-2004）》；
- (15) 《检查井盖》（GB/T 23858-2009）；
- (16) 《给水排水工程埋地预制混凝土圆形管管道结构设计规程》（CECS 143: 2002）；
- (17) 《埋地聚乙烯排水管管道工程技术规程》（CECS 164: 2004）；
- (18) 《聚乙烯塑钢缠绕排水管管道工程技术规程》（CECS 248: 2008）；
- (19) 《埋地排水用钢带增强聚乙烯螺旋波纹管管道工程技术规程》（CECS 223: 2007）；
- (20) 《市政排水管道工程及附属设施》（国标 06 MS 201）；
- (21) 《雨水综合利用》（国标 10 SS 705）；

(22) 《海绵城市建设技术指南》（试行）2014年10月。

## 4 海绵工程设计

### 4.1 设计流程

园区屋顶和道路雨水散排，透水铺装出水经传输草沟、线性排水沟等导流进入下凹绿地、雨水花园等LID设施进行渗、滞、蓄、净后，经溢流雨水口收集进入原设计雨水调蓄池，超标雨水排入市政雨水管网。

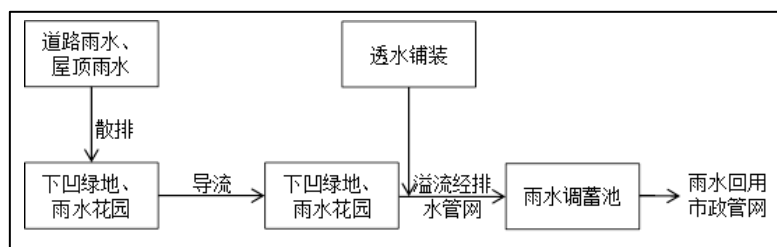


图8 设计流程图

### 4.2 汇水分区划分

本项目共分为58个子汇水分区。各汇水分区屋面及地面雨水通过LID设施过滤、净化后优先进入地下砾石渗排系统，超渗雨水通过溢流口进入原雨水管道系统。

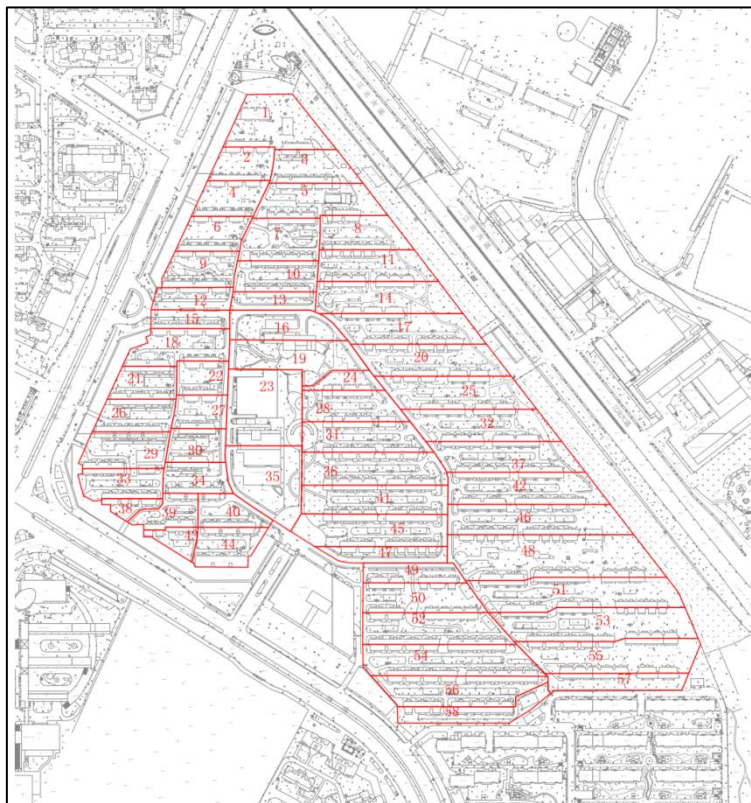


图9 汇水分区示意图

### 4.3 分区详细设计

#### (1) 16#汇水分区

16#汇水分区位于小区中部东侧，把原有绿化部分改造为下凹绿地和生态透水停车位，透水停车位坡向下凹绿地或植草沟，靠近建筑物的小块绿化改造为雨水花坛。现状雨落管断接进入 LID 设施，路面雨水顺道路坡进入 LID 设施。溢流雨水流入现状排水系统。LID 设施底部通过砾石层或连通管沟通，构建渗排系统，渗排系统出水进入西侧新设雨水管道系统。

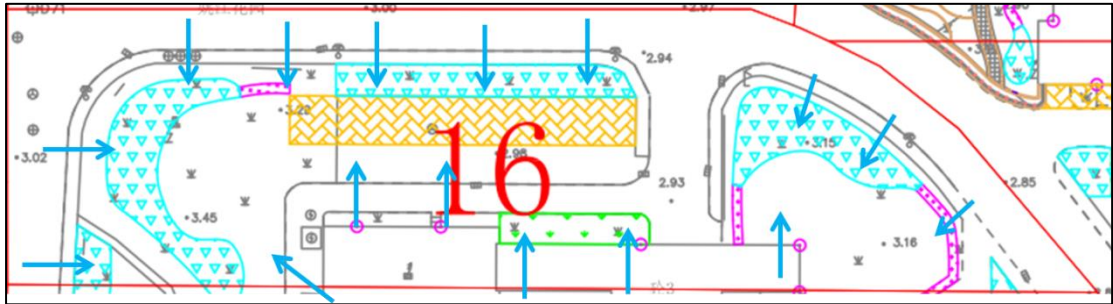


图 10 16#子汇水区 LID 平面布置图

#### (2) 32#汇水分区

32#汇水分区把原有绿化部分改造为雨水花园和透水停车位，透水停车位坡向雨水花园或植草沟，有化粪池的地方植草沟可适当做浅。现状雨落管断接进入 LID 设施，路面雨水顺道路坡进入 LID 设施。溢流雨水流入现状排水系统。LID 设施底部通过砾石层或连通管沟通，构建渗排系统，渗排系统出水进入东侧新设雨水管道系统。

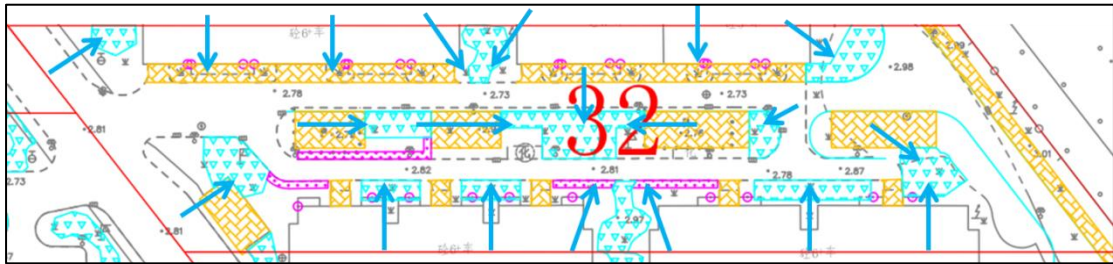


图 11 32#子汇水区 LID 平面布置图

### 4.4 雨水管道系统方案

小区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，同时为解决内涝问题铺设的雨水管接入新增 DN1200 雨水管。盲管就近接入新增雨水管道，原雨水口废除，新增溢流雨水口接入原雨水管道系统。

小雨时，建筑屋顶雨水经雨水立管散水排入 LID 设施，下渗后通过盲管收



集排入新增雨水主管道中，道路雨水径流经开口路牙或人行道暗涵散水进入 LID 设施内；大雨时，LID 设施内雨水充满饱和后，超标雨水通过设置在雨水花园中的溢流口外排。

现状立管根据现场情况进行改造：

(1) 不存在混接现象的，可直接散排进入 LID 设施或就近接入雨水检查井；

(2) 存在混接现象的，需进行改造。由于现状立管大部分处于建筑阳台内，若在建筑内部进行改造，可能存在较大困难。故本次改造将现状立管保留作为污水立管（与雨水斗断接，下端改造接入现状污水管道），并在附近增加一条雨水立管。

同时，在建筑南侧增加一条污水管，将保存作为污水立管的现状立管接入新增污水管道。

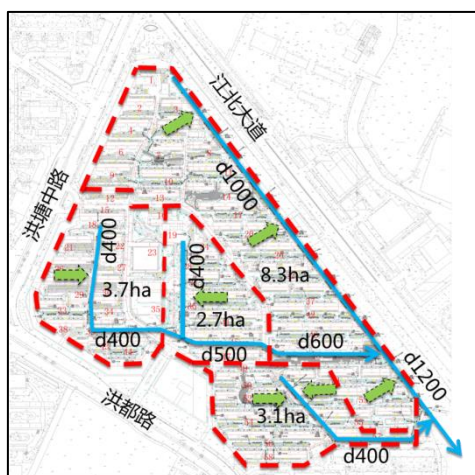


图 12 LID 设施出水管道平面布置图

#### 4.5 LID 方案设计

根据前期方案结论，姚江花园海绵改造控制雨量取 20.7 mm，相应的年径流总量控制率为 75%。

对小区内现有的绿地改造，采用传输型草沟、雨水花园和雨水花坛等形式，部分原有不透水铺装改为透水铺装，将本次新、改建位于绿化中的停车位全部做成生态透水停车位，使得雨水和大部分路面径流可以在源头进行滞蓄、入渗和净化处理，超渗雨水通过溢流口进入原雨水管道系统。

本项目共设置雨水花园 18032 m<sup>2</sup>，占绿化比例约为 30%；雨水花坛 545 m<sup>2</sup>，主要设置在靠近建筑物的小块绿化内；传输型草沟 6180 m<sup>2</sup>；透水铺装 22835.6 m<sup>2</sup>（停车位改造后绿化面积 59259.5 m<sup>2</sup>）。

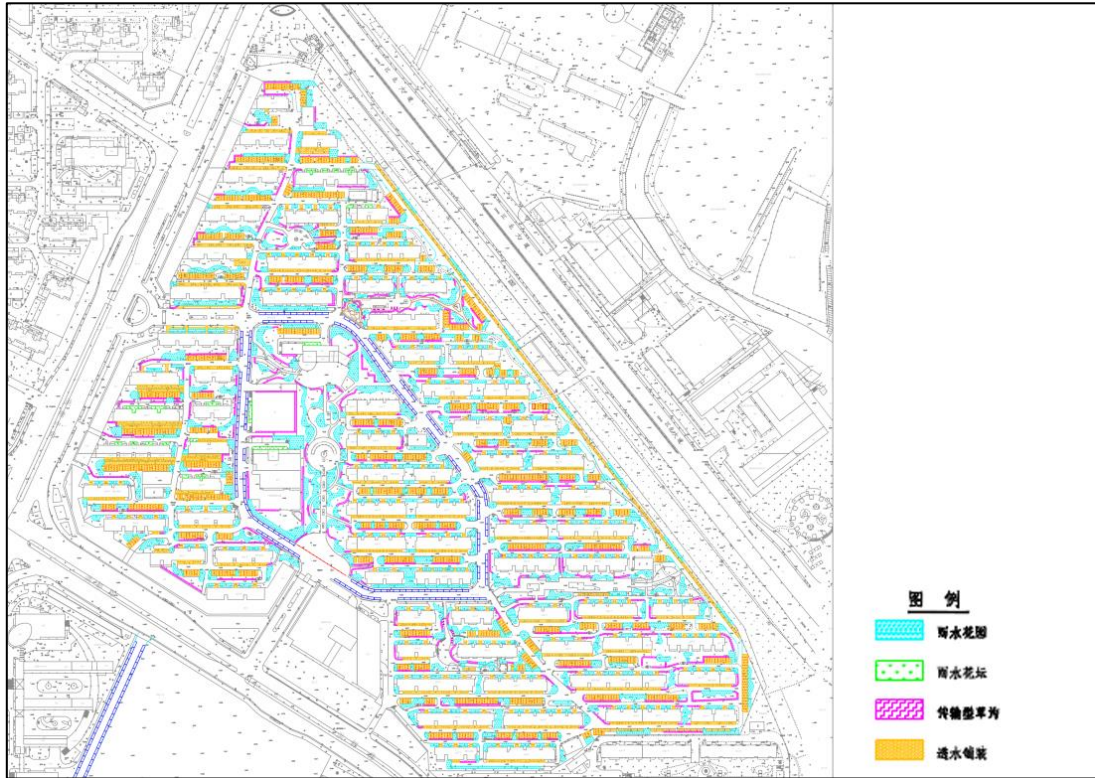


图 13 LID 布置方案图

#### 4.6 典型海绵设施做法及说明

##### (1) 转输型草沟

转输型草沟主要用于建筑及道路周围相对高处绿化内，主要作用为传输径流，将道路及停车位径流和雨落管散水导流至下游雨水花园。传输型草沟底部不进行换土处理，坡向雨水花园，坡度根据其两侧地面坡度确定。种植要求高度为 35 mm~50 mm 的常绿草皮，具体形式由景观设计人员确定。

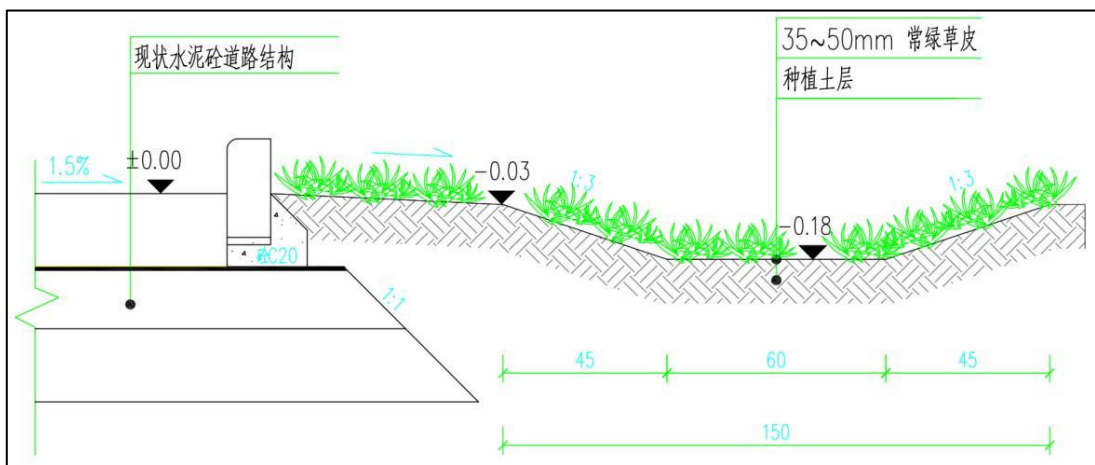


图 14 转输型植草沟剖面图



图 15 传输型草沟局部图

## （2）雨水花园

雨水花园主要布置于小区绿化内，底部无坡度，作用主要为净化、滞蓄雨水。雨水花园底部结构分为覆盖层、换填层、隔离层和碎石层四部分。

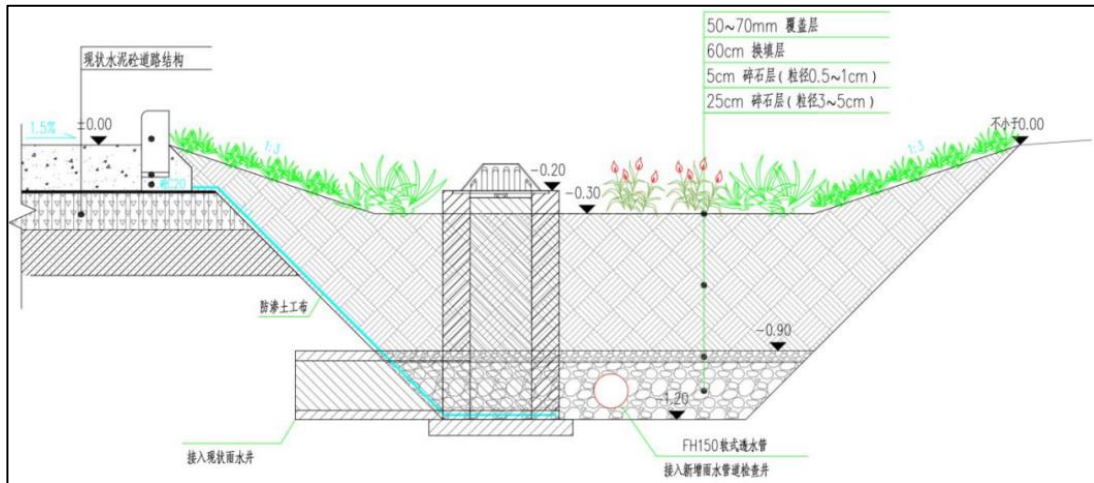


图 16 雨水花园剖面图

**覆盖层：**位于土壤表层，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，厚度为 50 mm~75 mm。

**换填层：**厚度 70 cm，推荐换填层土壤级配：40%粗砂+40%原土+20%椰糠，有机质（%LOI）2.5%~3.5%，pH 为 5.5~6.5。粗砂和原土应该与 20%的没有椰壳的纯椰糠混合（按体积计算），所有的椰壳在混合前应该剔除。换填层土壤也可以采用其他级配并达到以下要求：换填层土壤初始下渗率不小于 100 mm/h，稳渗速率不低于 75 mm/h。

**隔离层：**采用粒径 5 mm~10 mm 碎石，厚 10 cm。

**碎石层：**采用粒径 30 mm~50 mm 碎石，厚 30 cm。碎石层内设置 FH 150 软式透水管，遇树木或其他设施处可适当弯曲，就近接入雨水口或检查井。

溢流口：溢流雨水口采用方形与圆形溢流雨水口。溢流雨水口相对标高见大样图。溢流雨水口周围 50 cm 范围内应散铺卵石，起到沉淀杂质，缓冲径流的作用。

防渗处理：采用土工复合材料，建议采用“两布一膜”。

种植建议：雨水花园既是一种有效的雨水收集和净化系统，也是装点环境的景观系统，内部取消乔木种植，增加景观效果。雨水花园内植物的选择既要具有去污性又要兼顾观赏性。

### 1) 雨水花园植物选择的原则

优先选用本土植物，适当搭配外来物种；选用根系发达、茎叶繁茂、净化能力强的植物；选用既可耐涝又有一定抗旱能力的植物；选择可以相互搭配种植的植物，提高去污性和观赏性。



图 17 雨水花园局部图

### 2) 雨水花园种植要求

雨水花园的种植选择以花灌木和草本花卉为主，合理的季相搭配保证雨水花园内的四季色彩。顽强耐旱的植物，应沿雨水花园周边密集种植，以形成一个防止行人踏入的保护边界。在雨水花园中心附近的植物要求耐淹，其根系能凝聚土壤并抑制杂草生长。在大量径流通过时，这些植物也应能被冲平，使洪峰顺利通过。在道路交叉口处植物的大小和形式必须考虑交通视线问题。雨水花园中心的植物可以选择根系发达的湿生植物。

### (3) 透水铺装

本次新、改建位于绿化中的停车位及部分原有不透水铺装改造为透水铺装，设置位置详见 LID 设施布置方案图（图 14），改造后坡度竖向同原硬质地面竖向。透水铺装底部敷设盲管，盲管采用 DN150 开槽 HDPE 管，就近接入附近雨水口（井）。开槽详见右图，槽宽 2 mm，长 40 mm，槽间距 50 mm；盲管位于碎石层中，坡度顺碎石层坡。

透水铺装内盲管长度超过 40 m 时需设置清通口。清通口采用异径三通 DN200×150×150 或异径四通 DN200×150×150×150 配堵头（盖板）的形式。



图 18 透水铺装局部图

#### 4.7 内涝防治方案

疏通现状雨水管至江北大道方向的雨水管。同时，结合“砾石渗排系统”和地表 LID 设施，在小区东部围墙外侧，沿江北大道方向增设一道 DN1200 雨水管，最终接入姚江花园东侧现状水系。同时在小区两处涝水风险点增设溢流雨水口接入新设 DN1200 管道，增强两处收水能力。同时在小区外侧绿化内设置调蓄塘及雨水调蓄池等调蓄设施。为保证河水位较高时排水顺畅，在 DN1200 管道上设置闸门，同时在调蓄池内设置排水泵。

#### 4.8 工程实施建议

施工前建设单位最好是能够提供施工区域的地下管线图，包括现有雨污水管道、电力、通信、监控、自来水、燃气的管线图，一方面可以避免因为地下管线情况不明造成的无法按图施工，而耽误工期，施工过程中也可以避免不慎挖断管线造成停电断网停水停气等情况。

施工区域人流量较大，最好采取封闭施工，逐次施工，注意安全，合理组织施工区域的交通。

按照小区的特色，以及当地的气候特征，安排合理的施工时间段。同时也要合理的制定施工工期，不合理的施工周期往往要求施工单位加快施工节奏，抢出来的工程很难保证施工质量。

施工单位的选择非常重要，一定要选择有实力的，如果有海绵建设经验的最好，若没有相关经验，在开工前的图审及设计交底会议上做详细对接。

施工过程的控制应列为重中之重来把控，海绵施工做的是细活，切记重面子轻里子。要想达到预期的效果，一定要控制好施工质量。

施工前、过程中、竣工后，做好相应影像资料和监测数据的保存，以便于工

程建成后的效果对比。

#### 4.9 后期维护

大多数 LID 设施都具有绿化景观和排水系统的双重角色，这需要长期的维护保养。这些设施在干燥的天气需要浇水灌溉直到其植被成熟。在干旱季节，埋在地下的排水设施有可能会造成作为过滤介质的栽培土壤变干。按需浇灌能使植被保持健康和美观的工作状态。

一些常用的维护措施：

- (1) 每年定期添加天然硬木材作为土壤覆盖层抑制杂草和保持水分；
- (2) 每过几年检查土壤覆盖层的厚度，如过厚则需移除多余覆盖材料；
- (3) 与任何花园维护一样，雨水设施需定期除杂草；
- (4) 根据不同的设施要求，按需定期修剪；
- (5) 防止细微沉淀物积聚，如沉积物形成硬土层，需移除这层物质并重铺表层土；
- (6) 注意观察植被，如果植物生长情况不好就需要移除，有时还需修剪，疏伐或更换设施上种植的植物；
- (7) 强径流可能造成设施土层的侵蚀，这需要及时对侵蚀的部位进行修理或补救措施，以防止类似情况的再次发生；
- (8) 定期清理雨水设施上累积的垃圾和碎屑，检查溢流装置是否阻塞；
- (9) 低影响开发设施的常规维护频次及时间要求如下表所示。

表 2 低影响开发设施常规维护频次表

低影响开发设施	维护频次	备注
透水铺装	检修、疏通透水能力 2 次/年（雨季之前和期中）	-
雨水花园	检修、植物养护 2 次/年（雨季之前和期中）	植物栽种初期适当增加浇灌次数；不定期的清理植物残体和其他垃圾
传输型草沟	检修 2 次/年（雨季之前和期中），植物生长季节修剪 1 次/月	-

## 5 效果评估

### 5.1 建设效果

通过海绵化改造，控制了区域年径流总量，改善了老小区的居住环境，提升了社区居民的居住舒适度。



图 19 小区改造前实景图



图 20 改造后的雨水花园

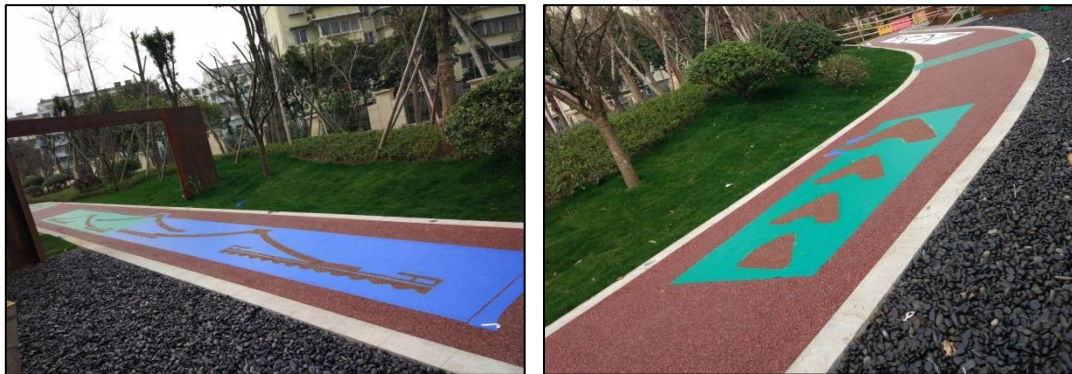


图 21 改造后效果图 1



图 22 改造后效果图 2



图 23 改造后效果图 3



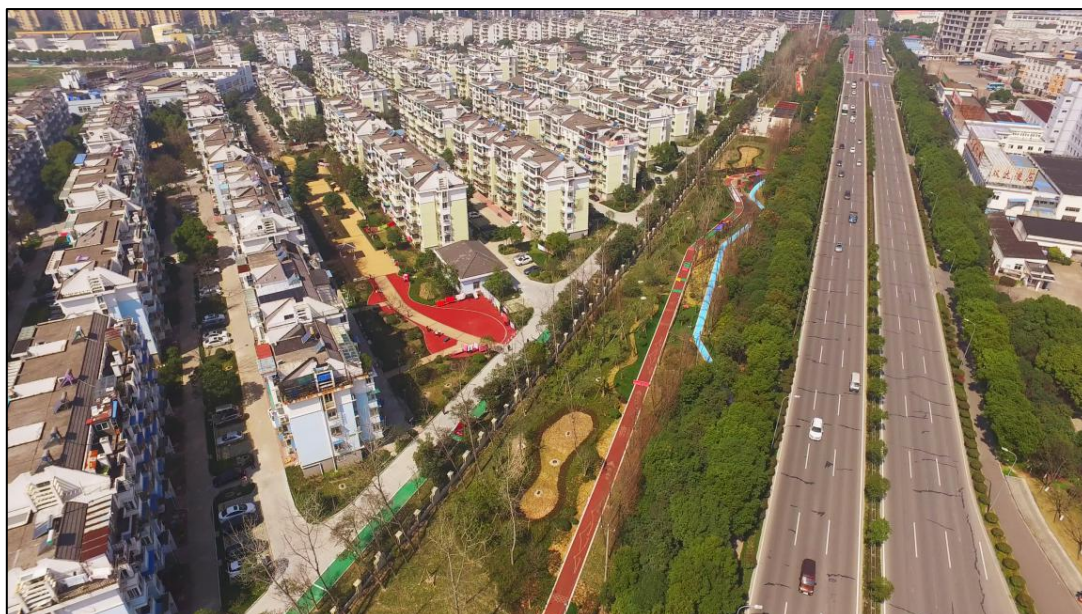


图 24 改造后效果图 4

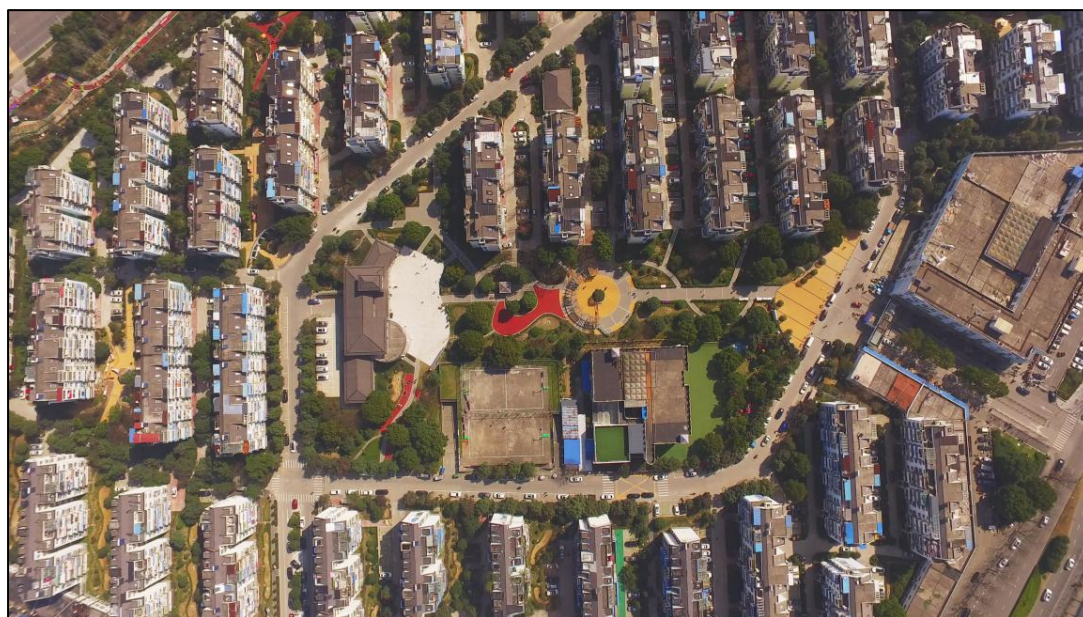


图 25 改造后效果图 5

## 5.2 目标复核

表 3 改造后年径流总量控制率

分区面积 (m <sup>2</sup> )	总绿地面积 (m <sup>2</sup> )	雨水花园 面积 (m <sup>2</sup> )	雨水花坛 面积 (m <sup>2</sup> )	植草沟面 积 (m <sup>2</sup> )	透水铺装面 积 (m <sup>2</sup> )	改造后年径 流总量控制 率
178484.4	59259.5	18032	545	6180	22835	88.6%

经复核，年径流污染控制率为 88.6%，达到 70% 的设计目标。

## 6 项目自评

目前姚江海绵基本完工，宁波在 2017 年 10 月 14 日至 2017 年 10 月 16 日出现强降雨天气，降雨量达 250 mm 左右，姚江花园所在洪塘辖区内多个地方出现了较严重的内涝情况，姚江花园小区内未发生内涝，也未发现积水的现象，雨水花园内也没有出现较大积水现象，雨水花园功能运行正常。对比该项目海绵工程实施前严重内涝的情况，通过本次海绵工程的实施解决了姚江花园内涝问题。

生态停车位的建设过程中，充分结合实际情况，对原有设计进行局部调整和补充，把车行道一侧原有铺装道路进行局部海绵升级和修复，既增加了行车道的宽度，也利于新增停车位的使用，同时为后续停车库的开发利用创造了条件；在停车位的施工过程中，根据社区和居民的意见，适当调整停车位的布局，对形态优美、长势较好的高大乔木给予保留，既满足了小区的停车需求，又保持了小区原有绿树成荫的态势，使停车位与小区绿化环境进行了有机结合。

在景观提升方面，对原有中庭陈年失修，破烂不堪的设施设备进行全面的升级改造，建设新的凉亭，设置新的景墙和廊架，地面全部采用生态铺装，苗木进行多层次的搭配和更新，使小区中庭面貌焕然一新，小区的整体环境有了较大的提升。

通过海绵工程的实施，姚江花园小区的内涝、停车难以及景观绿化综合配套环境差这三项难题得以解决，小区居民的获得感及幸福感大大增强。姚江花园综合整治工程的系统性改造为宁波老旧小区海绵化改造提供了示范样本，并积累了海绵化改造工程的项目管理、施工和后期管养的经验，宁波大市范围内可结合本项目已有经验，推动大区域海绵改造工程，从而推进城市生态修复和有机更新。

## 绍兴市洋泾湖公园二期海绵城市建设工程

3

**项目位置：**浙江省绍兴市越城区袍江两湖区域

**项目规模：**18.27 ha

**竣工时间：**2017年10月



绍兴是著名的江南水乡，因水而生，因水而名，水是绍兴的灵魂。而工业化、城市化之后，一度粗放式的发展方式使绍兴的水环境遭到了严重的破坏，水乡失去了其灵秀之气。通过建设海绵城市，改善水体水质，重建绍兴水城，是势在必行的历史责任。2016年，绍兴市成为浙江省海绵城市建设省级试点，试点建设范围16.7 km<sup>2</sup>，主要包括以镜湖新区为主的连片建设区域以及越城区与镜湖水系相通的洋泾湖、迪荡湖，本项目则为其中的洋泾湖区块二期工程。

### 1 基本情况

#### 1.1 区位分析

洋泾湖湖面南北长1100 m，东西长760 m，面积约为43.6 ha（654亩）。东至越秀路，南至道横江，西到陶洋江，北至群贤路，结合湖面建设洋泾湖公园，共包括两期工程。其中一期因征地拆迁问题暂未建设，本项目属于其中的二期工程，项目占地18.3 ha，与洋泾湖面积累计约35.56 ha。

#### 1.2 气候与场地条件

洋泾湖公园所处区域属亚热带季风气候区，季风显著，四季分明，气候温和，

湿润多雨。周边河道密布，湖面与四周河道相通，常水位为 3.9 m（黄海标高）。

项目原场地以耕地为主，植被单一，场地低洼易受雨洪影响，场地依靠自然排水，市政配套不足，水面开阔稳定。

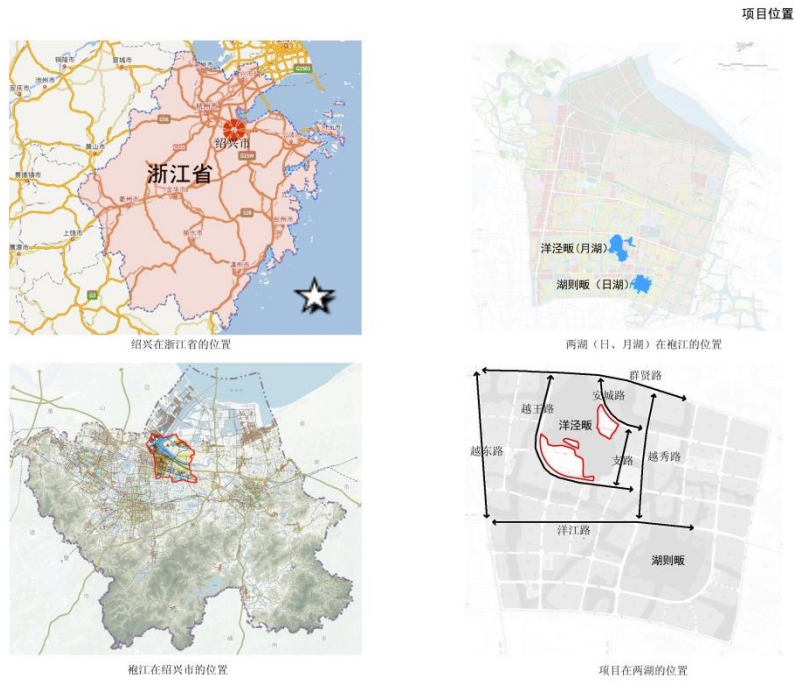


图 1 洋泾湖平面区位图



图 2 洋泾湖公园建设前原状图



## 2 问题与需求分析

从水环境方面而言，本项目建设前地势低洼，地表径流直接进入湖中，雨污混流、初期雨水污染等问题突出，因此通过公园低影响开发建设，改善水环境。

从水安全方面而言，本项目建设前湖体岸线为自然护坡，存在一定的水土流失风险，并且部分渠道淤积，容易形成排水不畅，造成周边低洼地区积水问题，因此有必要通过公园生态护岸、花溪水系建设，打通排水通道，保障周边区块的排水防涝安全。

从水景观方面而言，本项目位于绍兴市“两湖”（洋泾畈和湖则畈）区块，是主要景观轴上的重要节点。区域内水城面积较大，需通过设计游线及慢行道串联洋泾畈和湖则畈两湖及周边城市地块，便于城湖共享。

## 3 设计原则和目标

### 3.1 设计原则

项目遵循海绵城市建设的“渗、滞、蓄、净、用、排”六字方针以及以下设计理念：

（1）因地制宜。根据绍兴市本地自然地理条件、水文地质特点、降雨规律等，在一期的以“一核、一环、一轴、多组团”来进行景观分区基础上形成“一轴、二环、五区、十景”的新景观结构，保持绍兴独特的水乡风貌。

（2）生态优先。始终遵循生态建设的原则，优先利用自然排水系统与低影响开发设施，实现雨水的自然积存、自然渗透、自然净化和可持续水循环，提高地区水生态的自然修复能力。

（3）规划引领。建设程序中结合海绵城市低影响开发的原则，按照规划进行建设，体现规划的科学性和权威性，发挥规划的控制和引导作用。

### 3.2 设计目标

本项目属于《绍兴市区海绵城市专项规划》中的第9管控单元，其管控要求如下图所示。通过洋泾湖的海绵城市建设工程，改善洋泾湖水质、缓解周边排水压力、形成环湖景观带。同时具体指标符合《绍兴市区海绵城市专项规划》及《绍兴市越城区镜湖新区海绵城市实施方案》的要求。

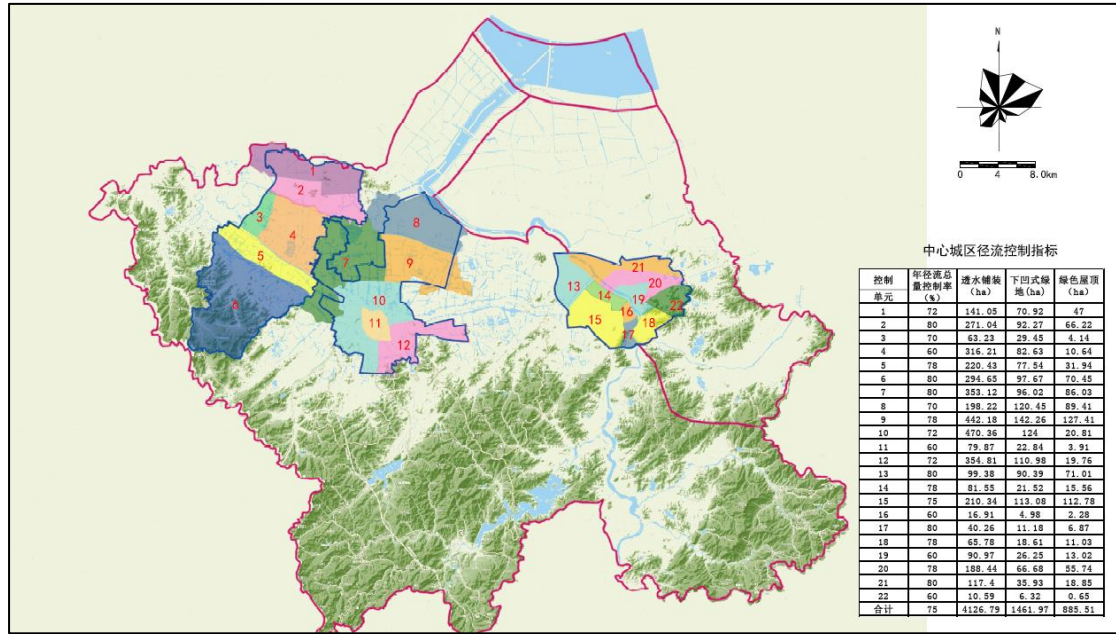


图4 绍兴市海绵城市管控单元划分

### 3.3 指标控制

本项目的建设目标如下所示：

表4 本项目海绵城市建设目标表

指标体系		本项目指标值
水生态	年径流总量控制率 (%)	90
	水生态岸线改造率 (%)	40
水安全	防洪标准	100年一遇
	排涝标准	30年一遇暴雨
	管网标准	设计重现期不低于3年一遇
水环境	水环境质量	III类
	城市面源污染削减率 (以SS计) (%)	35
水资源	雨水资源利用率 (%)	3

### 3.4 设计依据

- (1) 《浙江省海绵城市规划设计导则》（2017.1）；
- (2) 《城镇内涝防治技术规范》（GB051222-2017）；
- (3) 《城镇排水管网非开挖修复工程技术程》（CJJ/T210-2014）；

- (4) 《室外排水设计规范》（GB 50014-2006）2016年版；
- (5) 《城镇雨水调蓄工程技术规范》（GB 51174-2017）；
- (6) 《绍兴袍江新区两湖区域洋泾湖景观一期初步设计》（2014.4）；
- (7) 《绍兴袍江新区两湖区域控制性详细规划》（2012.4）；
- (8) 《绍兴六大湖区植物景观规划》（2012.10）；
- (9) 袍江经济开发区提供的规划总平图、地形图及用地红线；
- (10) 环湖市政桥梁设计电子文件；
- (11) 国家和当地现行的有关规定、规范及设计标准。

## 4 海绵城市方案设计

### 4.1 设计流程

按照汇水分区核算各个分区的径流控制量和设施规模，通过雨水传输设施（植草沟、排水管等）实现相邻汇水分区间传输调配，采用低影响开发设施与管网改造相结合的方式，共同组成完整的工程技术体系，全面改善提升项目区水安全、水环境、水生态状况。

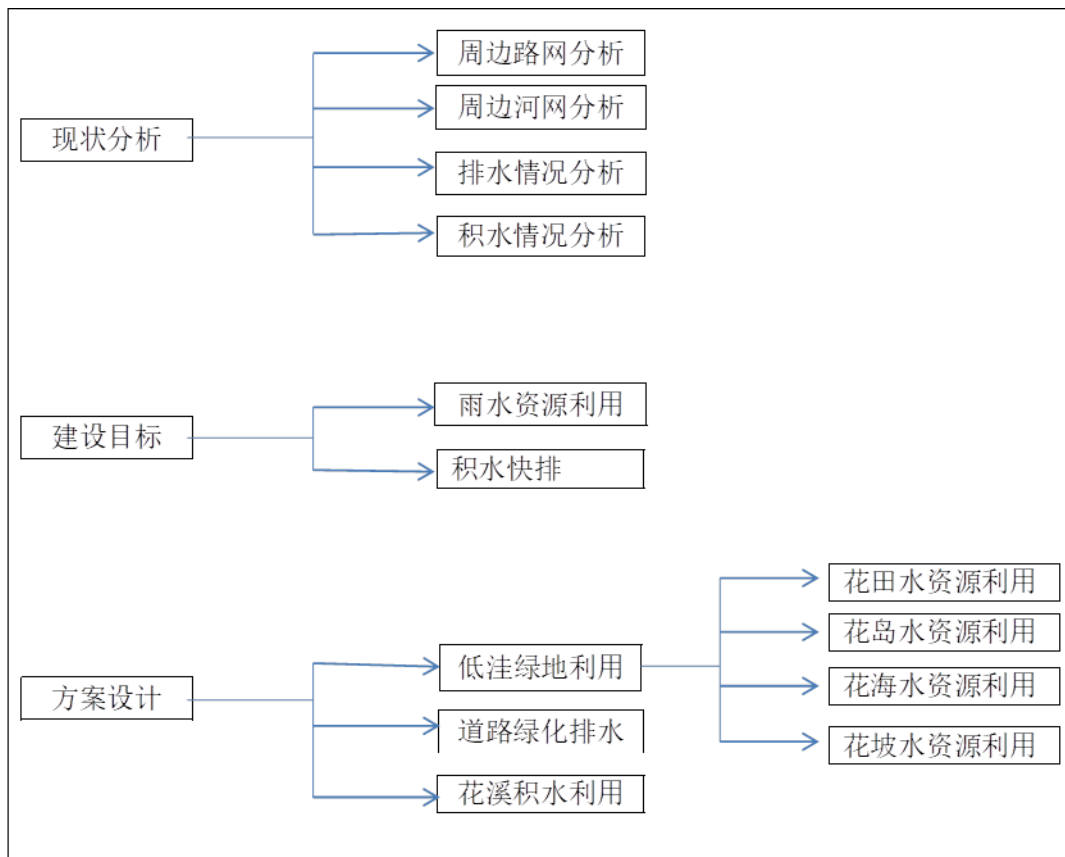


图5 设计流程图



## 4.2 设计方案

### 4.2.1 总体布局

项目总体布局见下图。



图6 设计总体布局图

### 4.2.2 花溪（生态护岸、阻水坝、雨水净化植物群落、潜流湿地）

利用原场地内零星散乱的沟、渠、水塘等临时蓄水区域，设计成互相连通的小溪，配置花草种植后形成花溪约 1 km。主要设计思路包括：

- (1) 对局部区域进行开挖连接，并对重点位置进行深挖，提高区块蓄水量；
- (2) 对花溪岸线采用生态化处理，弱化岸线，种植喜水植物，使水陆充分融合，也方便降水量较大时雨水能及时从绿地流入溪中；
- (3) 在花溪中种植各种水生植物，形成潜流湿地，对花溪水质进行净化；在花溪较深及宽处，养殖一些小型鱼类，既可观赏亦可清洁水体；

(4) 考虑到花溪较长，每隔一段距离（200 m 左右）或一个区域做一个隔断（阻水坝），既可保证枯水季的花溪保存一定的水量，又可在降雨量较大时让积水及时排入河道中。

### 4.2.3 花田、花岛、花海、花坡（微地形、生物多样性保护）

将区块外围荒地开盘成花田，并根据种植形式、地形高差形成花岛、花海、花坡，共计 2.77 ha。主要设计思路包括：

- (1) 花田利用多种花草，采用不同的配置方式和微地形处理形成花坡，通

过滞蓄削减洪峰流量、减少雨水外排保护下游管道、构筑物和水体；

（2）花岛利用植物截流、土壤渗滤净化雨水，减少污染；

（3）花海充分利用降雨径流涵养地下水，对处理后的雨水加以收集利用，缓解水资源的短缺；

（4）此外花田通过向日葵、芋艿等丰富的植物配置，还为鸟类、蝴蝶等动物提供食物和栖息地，并辅以砂石路、汀步等形成乡野气息的郊外风光，达到良好的景观效果。



图7 花溪实景图1（净化雨水中浮水与挺水植物）



图8 花溪实景图2（生态护岸与阻水坝）



图9 花田实景图1（向日葵、汀步）



图 10 花田实景图 2（砂石路、芋艿）

#### 4.2.4 透水混凝土

主园路采用透水混凝土，共计约 2.94 ha，占总铺装的 40%。透水混凝土的主要作用包括：

- (1) 让雨水流入地下，有效补充地下水，促进水的自然循环；
- (2) 有效消除地面上的油类化合物等对环境污染的危害；
- (3) 保护地下水、维护生态平衡、缓解城市热岛效应。



图 11 透水混凝土实景图

#### 4.2.5 下沉式绿地

设置下沉式绿地，使其低于周边地面标高，以本土草本植物为主。下沉式绿地的成本较低，且维护比较简单，可利用其形成的开放空间承接和贮存雨水、下渗自身和周边雨水径流，以达到绿地对空气、水体和土壤的保护。本区块结合农田建设下凹式绿地。



图 12 洋泾湖下沉式绿地

#### 4.2.6 系统衔接

在靠近越王路的区块，天然降雨经过透水铺装、透水混凝土等源头减排措施，尽可能入渗、蓄满产流后，雨水径流排入花溪；其他区块与洋泾湖相连，均通过透水铺装、花田、透水混凝土等减排措施，排入洋泾湖；花溪进行雨水收集，超量雨水排入洋泾湖，发挥调蓄作用，超量雨水排入外围河道。

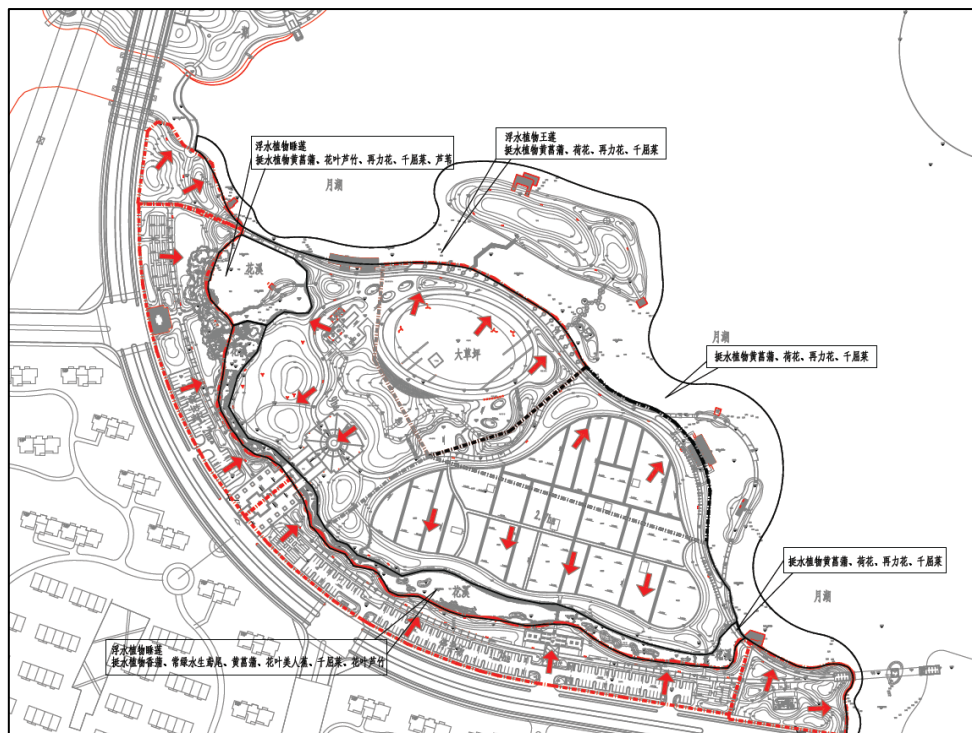


图 13 洋泾湖汇水条件与汇水分布图

## 5 效果评估

### 5.1 模型评估

根据《绍兴市海绵城市专项规划》对洋泾湖属于的第9管控单元要求，年径流总量控制率整体达到78%。

搭建SWMM模型进行本项目建设前后的年径流总量控制率评估。加载降雨为绍兴2010年1月1日~2017年12月31日共计8年连续分钟间隔降雨约400多万个数值。

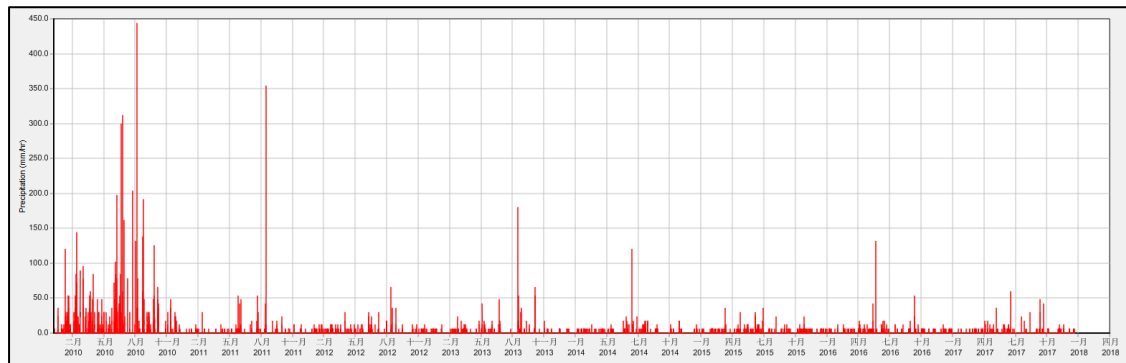


图 14 2010年1月1日~2017年12月31日分钟降雨量

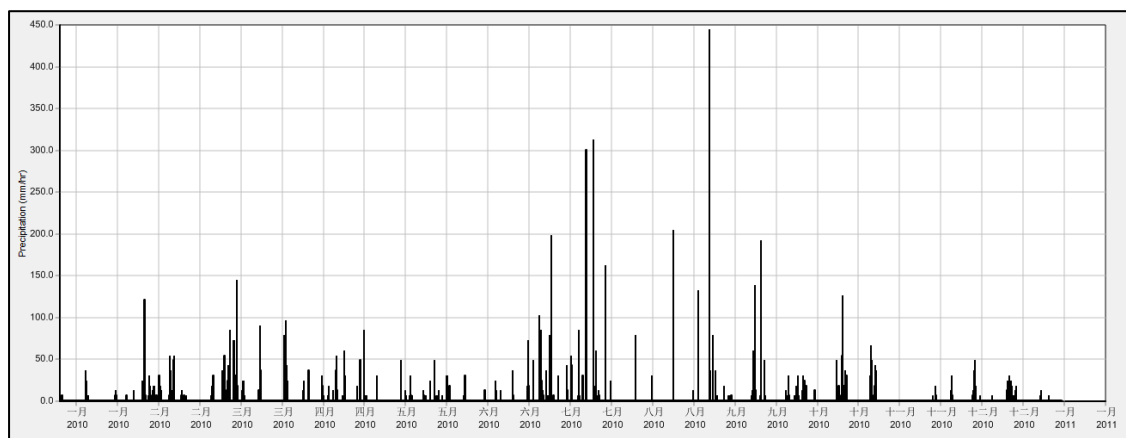


图 15 2010年1月1日~2017年12月31日分钟降雨量

蒸发量采用绍兴多年平均数值。

表 5 绍兴市蒸发量数值表

平均每月蒸发量 (mm)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
30.8	35.1	51.8	68.9	95.0	96.2	149.5	135.9	86.8	72.4	50.3	37.6

入渗模型采用霍顿模型，最大入渗速率：按粉质粘土、植被茂密的情况，确定为35 mm/h；最小（饱和）入渗速率：按LID多处于壤土中，取3.3 mm/h。

经过分析，本项目建设前的硬化比例不高，仅7%左右，因此原始的年径流总量控制率本底约为95%。在建设过程中，由于采用了低影响开发措施，包括透水混凝土、碎石铺装园路，并且以花溪为辐射形成雨水收集的微地形、动植物净化雨水的生态群落等，避免了大量硬化铺装对场地雨水径流的改变，因此建设后的年径流总量控制率可以恢复到91%，满足绍兴市海绵专规的要求，也达到了本项目原设定的目标90%。

表6 建设前后的下垫面及年径流总量控制率计算表

建设阶段	总面积 (m <sup>2</sup> )	水域	农田	混凝土	花溪	透水混凝土	碎石铺装园路	花岗岩铺装	绿地	年径流总量控制率
建设前	182698	53586	0	12534	0	0	0	0	2538	95%
建设后	182698	28816	27705	0	7996	29326	1640	1560	85655	91%

## 5.2 效果监测

对海绵城市的建设前后对影响水体水质的关键节点监测，将监测结果与地表水环境质量标准对比结论表明：海绵城市的建设，有效改善了洋泾湖的入流水质，花溪排放口处水质由V类改善为IV类（关键水质指标为总氮），雨水管排放口处水质由V类改善为III类（关键水质指标为总氮）。

表7 建设前后水体监测数据对比表

位置	取样时间	评价指标					水质等级评价结果
		pH	COD	氨氮	总氮	总磷	
花溪排放口	建设前	6.86	19	0.968	1.63	0.096	V类
	建设后	8.34	16	0.4	1.05	0.155	IV类
雨水管排放口	建设前	7.02	15	0.350	1.86	0.208	V类
	建设后	7.84	16	0.412	0.826	0.13	III类

洋泾湖海绵城市建设工程竣工后，周边雨水可有组织排放，降低内涝风险，同时改善了水景观效果，在节假日，不少群众携家人亲友前来游憩赏玩，形成了良好的水文化氛围。

## 6 建设效果

### 6.1 工程实景

工程完成后实景见下图。



图 16 洋泾湖建成实景图

### 6.2 经济分析

本项目涉及占地面积 18.3 ha，共计投资费用 2.46 亿元。

表8 工程投资汇总表

序号	工程或费用名称	概算（万元）	占比
一	工程费用	16986	69.2%
1-1	建筑工程	432	1.8%
1-2	景观工程	7618	31.0%
1-3	LID工程	659	2.7%
1-4	驳岸	678	2.8%
1-5	围堰	693	2.8%
1-6	市政工程	3806	15.5%
1-7	强电工程	543	2.2%
1-8	弱电及智能化工程	289	1.2%
1-9	场外给排水工程	444	1.8%
1-10	附属工程(树池、警示标牌、垃圾箱、电话亭等)	185	0.8%
1-11	花圃看台、大看台、雕塑、喷泉	1640	6.7%
二	工程建设其他费用	6405	26.1%
三	预备费—基本预备费	1170	4.8%
项目概算总投资		24561	100%

表9 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> ）
1	下沉式绿地	230	普通绿地	180	50
2	透水混凝土路面	300	普通混凝土路面	200	100
3	潜流湿地	580	普通绿地	180	400
4	透水砖路面	350	花岗岩铺装	320	30

采用下凹式绿地后，无需大面积造坡，土方量会大量减少，因此，与传统做法相比，海绵城市建设的成本基本不会增加，甚至会减少；但是下凹式绿地底部需做结构层及大量的溢流井和雨水管及盲管，费用会增加。目前海绵城市建设处



于初步阶段，海绵设施材料价格相对较高，待市场化后会逐步下降，整体成本也随之减少，因此海绵城市建设的成本基本在可控范围内。且通过海绵城市工程的建设，减少了公园周边管道、河网的负担，用较低的成本实现了雨水的回用，节约公园内用水量。

## 7 项目总结

### 7.1 项目难点

（1）项目征地难度大：本项目原场地多为农田，因项目用地面积较大，前期征用土地及拆迁工作量很大，且涉及较多农业户口转非农业户手续，工程前期准备时间很长。

（2）周边市政配套缺失：因外围全为新开发用地，道路、自来水、排水、电力等配套设施不到位，公园许多设施即使建成，也可能暂时无法使用。

（3）项目地块地势低洼：项目整体地势低洼，易积水，积水较多时排水速度慢，需建立健全的排水系统。

（4）海绵城市认识不够：江南地区雨水多，绍兴河道密布，排除积水便捷，不少人对海绵城市工程建设认同度不高，需加强思想宣传及项目普及，让海绵城市理念深入人心。

（5）后期管理养护较难：本项目建设有大量透水路面，后期养护如不及时到位，可能造成路面透水孔隙度降低、透水率减少，无法满足设计目标要求，后期需加强透水路面的养护管理工作。

### 7.2 项目设计

本项目设计团队包含了规划、市政、道路、景观等多专业，对海绵城市的“六字方针”有着较强的认识和实践，并在浙江省“海绵城市建设精品示范项目”典型案例现场考察中，对比了大量国家和省试点城市已建和在建项目的案例，吸取设计、材料、施工、运维和管理等多方面经验教训，较好地解决了海绵城市建设中功能与美观的结合，具体表现为以下几点：

（1）设置花溪，雨天还可以起到调蓄作用，晴天可以补充地下水。

（2）大面积的花田、花岛、花海、花坡分布各处，不但能够起到强烈的视觉冲击和景观效果，彼此交相呼应，更是良好的源头径流控制设施。

（3）主园路采用透水混凝土，占总铺装的40%，使雨水能更好的渗透至土壤内；并同时在道路边侧设置植草沟，超量雨水排入植草沟，过滤后排入景观水渠。

（4）花溪等水系中种植沉水植物、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，既能拦截面源污染又能柔化生硬的驳岸，形成良好的景观效果。

### 7.3 工艺材料

主园路采用透水混凝土，能有效补充地下水，消除地面油类污染、缓解城市热岛效应。

生态植草沟用于雨水前处理与运输，代替传统的沟渠排水系统，不仅治理污染，本身也具有一定的景观性。

### 7.4 项目施工

项目建设前期需对公园所在区域的降雨情况，特别是暴雨情况的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 LID 设施有足够调蓄容积。

整个建设过程中考虑周边地块建设对本项目的影响，统筹道路交通，综合海绵设施，最终顺利竣工，并且建成效果基本符合要求。

### 7.5 项目运维

洋泾湖公园后期养护主要包括道路、排水和园林等方面，各相关部门依据职责分工负责。

日常养护根据相关规定进行，如遇突发暴雨等情况，应及时监控公园情况，做出应急处理，将损失降至最低。定期对海绵设施进行全面检查，每年对溢流井进行检查，按正常养护程序持续性的开展，保证项目海绵设施功能正常运行。

### 7.6 项目成效

（1）水生态方面：海绵城市建设在原有景观基础上锦上添花，提供了人与水的互动空间，增加了植物多样性；通过对城市湖水岸线进行生态恢复，缓解了城市热岛效应；加强了现状水系保护，最大程度的对水系进行连通，维持水域面积率。

（2）水环境方面：海绵城市建设后，雨水径流污染得到控制，水质有明显提升。

（3）水资源方面：雨水有组织地排放至下沉式绿地以及潜流湿地中滞留净化，溢流部分再排入雨水管渠，因此部分雨水通过景观水渠中进行调蓄利用，有效地提高了雨水资源利用率；同时经过净化后的洋泾湖雨水可用作公园绿化用水、洗车用水等，节约城市自来水用量，减轻城市生活供水压力。

（4）水安全方面：通过径流组织将雨水引入景观水系蓄存，缓解市政雨水管网压力，降低积水风险和城市暴雨内涝灾害。

（5）水景观方面：在景观提升方面，对原有陈年失修、破烂不堪的设施设

备进行全面升级改造，苗木进行多层次的搭配和更新，使整体面貌焕然一新，整体环境得到巨大改善。

（6）水文化方面：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，提高了公众的环保意识，增加了人民群众的获得感和参与感。

### **7.7 示范意义**

本项目在设计阶段即充分融入海绵城市建设理念，从功能布局、设施配置与选择、后期运维养护等方面均邀请海绵城市相关领域的专家进行充分论证，为今后同类型海绵城市建设项目的推进积累了宝贵经验。

目前正是海绵城市建设的关键时期，洋泾湖公园的建成，为今后类似海绵公园的建设提供了良好的借鉴实例。以洋泾湖公园二期工程作为起点，与今后改造和新建的城市水系统将密切配合，形成强大的海绵城市整体系统，起到改善城市生态环境、维护城市生态平衡的重大作用。

# 4

## 衢州学院图书馆周边海绵城市配套提升工程

**项目位置：**浙江省衢州市衢州学院（九华北大道78号）

**项目规模：**42000 m<sup>2</sup>

**竣工时间：**2017年



自2016年5月被列为首批省级海绵城市试点以来，衢州市海绵城市建设以建设现代田园城市为目标，以“五大发展理念”为引领，坚持“示范先行、四周辐射、点线成面、全面覆盖”的总体思路，结合“五水共治”，有效利用雨水资源，推进工程治水向生态治水转变；充分发挥和利用城市水体、绿地、市政基础设施、各类城市建筑体等对雨水的渗透、吸纳和净化作用。2017年，由衢州市海绵办出资对衢州学院图书馆及其周边开展海绵城市配套设施改造，旨在通过海绵城市改造，打造一个生态友好的校园“海绵空间”。

### 1 项目概况

#### 1.1 基本情况

衢州学院图书馆位于衢州市海绵城市建设示范区外，为示范区外海绵城市重点建设项目之一。衢州学院图书馆于2005年建成并投入使用，是一座现代化程度较高、馆藏资源体系较完善的场馆。建筑造型独特、配套设施齐全，网友评选其为“全国最美50所高校图书馆”之一。为消除衢州学院图书馆周边易涝积水情况，同时提升图书馆周边的景观环境，衢州市海绵办于2017年出资对其开展海绵改造工程，改造范围由学校正大门至图书馆东侧草坪，总面积约为4.2 ha。

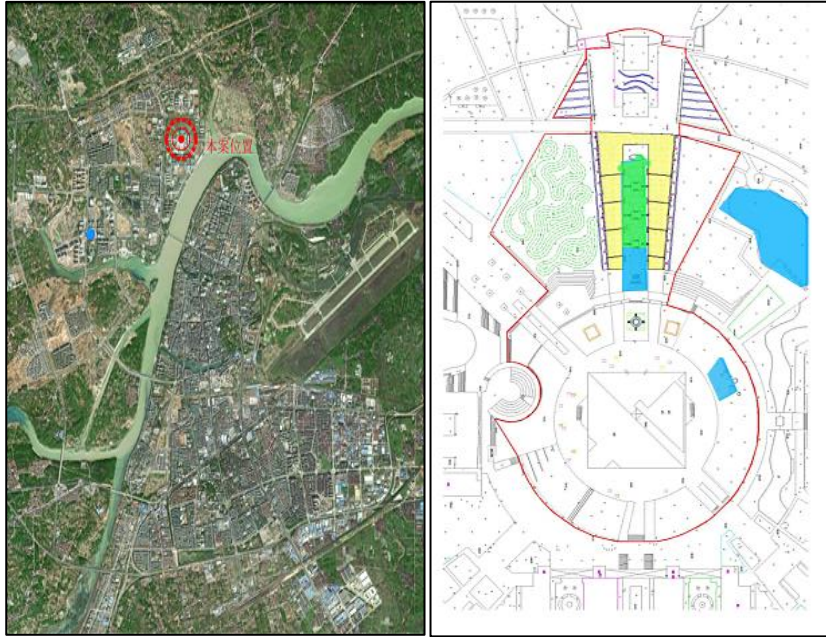


图1 项目位置示意

## 1.2 场地条件

### 1.2.1 降雨条件

衢州市地处亚热带季风气候区，多年均降雨量达 1665.2 mm。年内降雨分布不均，降雨多集中于春、夏两季，夏季多暴雨天气，3~7月降雨量占全年降雨量的 64.3%。

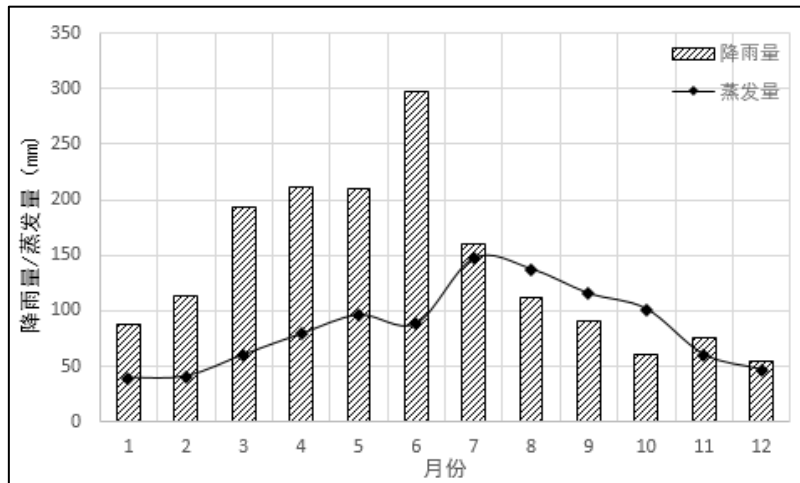


图2 衢州市多年平均降雨量及蒸发量（30年）

### 1.2.2 地质条件

衢州全市土壤分布复杂多样，项目所在地区土壤以红壤为主，透水性较差，整体土壤透水性能在  $5 \times 10^{-6}$  m/s 左右。

地质条件可细分为 5 个工程地质亚层，自上而下为：① 素填土层：人工堆积而成；

② 粉细砂层：冲洪积成因；③ 卵石层：冲洪积成因；④ -1 强风化砂岩：为中生界白垩系金华组，紫红色，强风化状，主要矿物成份均已风化成泥质；⑤ -2 中风化砂岩：为中生界白垩系金华组，紫红色，中风化状，主要矿物成份为石英、长石。

### 1.2.3 原有下垫面条件

场地内原有下垫面主要为硬质铺装、沥青路面、绿地等，基本为不透水铺装。由于使用时间较长，场地内铺装老化、破损情况较为普遍；绿地面积较大，但未进行有效标高组织，不能有效滞留收储雨水。



图3 原有下垫面示意图

### 1.2.4 竖向与管网条件

#### （1）竖向条件

图书馆周边地势整体较为平坦，但是图书馆地下一层附近建有以下沉式广场，降雨期间，周边雨水径流易汇入其中，造成下沉式广场排水不畅。

#### （2）管网条件

衢州学院于2008年进行了雨污分流改造，但场地内地表雨水排水沟堵塞情况严重，且有多处破损，大雨时，管网易满流，造成积水情况。

## 2 问题及需求分析

### 2.1 管网排水能力偏低，内涝积水严重

图书馆下沉式广场地势较低，且原有泵排能力不足，雨水提升井管径小，雨天易造成积水。此外，地表排水沟渠堵塞严重，加剧积水情况。



图4 地表排水沟堵塞情况

### 2.2 地表径流源头控制，削减径流污染

原有场地基本为硬质铺装、沥青路面，且绿地均高于路面，地表污染物经冲刷后直接进入城市排水系统，污染地表水环境。通过场地低影响开发雨水系统的构建，控制场地径流总量，削减径流污染。

### 2.3 雨水集蓄，提高雨水资源利用率

原有场地内雨水径流直排入市政雨水管网，通过海绵化改造，将雨水径流引入生物滞留设施中积蓄利用；同时，建设雨水回用系统，将净化后的水体用于回补景观水体以及道路、绿地浇洒。

## 3 海绵城市建设原则与目标

### 3.1 建设原则

以“海绵城市”理念为指导原则，对该项目进行提升。海绵城市是指通过加强城市规划建设管理，充分发挥建筑、道路、绿地、水系等生态系统对雨水的吸纳、蓄渗和缓释作用，有效控制雨水径流，实现自然积存、自然渗透、自然净化的城市发展方式。通过绿色设施和灰色设施的结合使用，充分利用“渗、滞、蓄、净、用、排”等技术手段，去维持和修复城市水生态，保障一定标准内的城市水安全，实现“源头减排，过程控制，末端回用”。

### 3.2 建设要求

计划通过海绵城市改造，控制组织雨水，按照“源头减量-过程控制-末端减排”的总体思路，通过地形调整、下垫面 LID 设施建设、排水管网提升等手段，

构建场地内雨水微循环，消除内涝积水。同时，充分融入“与水为友”的理念，打造雨时景观，发掘雨水回用用途，提升空间品质。

#### （1）消除内涝积水

计划通过本次改造，清理维修排水沟渠，提升泵站能力，扩容雨水提升井管径，消除易涝积水情况。

#### （2）储存利用雨水

于场地内西北、东南角设置两处蓄水模块，用于绿化灌溉及景观水体的补充。

#### （3）提升周边品质

实施绿化美化增量提质，于场地内新设置一处跌水池，总体提升图书馆周边的生态、功能、景观。

### 3.3 建设目标

根据《衢州市海绵城市专项规划（2016-2030）》对该片区控制指标，结合衢州学院意见，对项目改造提出以下建设要求：

- （1）年径流总量控制率 $\geq 75\%$ ，对应设计降雨量 $\geq 24.2\text{ mm}$ ；
- （2）径流污染削减率（以SS计） $\geq 40\%$ ；
- （3）提升排水系统排水能力，达2年一遇重现期要求；
- （4）提高场地排水防涝能力，解决下沉广场积水问题。

### 3.4 设计依据

- （1）《海绵城市建设技术指南》（试行）
- （2）《室外排水设计规范》（GB50014-2006）（2016年版）
- （3）《城市工程管线综合规划规范》（GB50289-2016）
- （4）《浙江省海绵城市规划设计导则》（2016.12）
- （5）《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》（GB50400-2006/2016）
- （6）《浙江省民用建筑雨水控制与利用设计导则》
- （7）《衢州市海绵城市技术导则》
- （8）《衢州市海绵城市建设控制指标》

## 4 海绵城市建设方案

### 4.1 设计流程

综合考虑场地现状排水情况，下垫面类型、降雨特征以及地质等情况，确定年径流总量控制率、径流污染削减率等控制指标。同时，结合场地排水分区情况，



开展总体方案设计，设计流程如图所示：

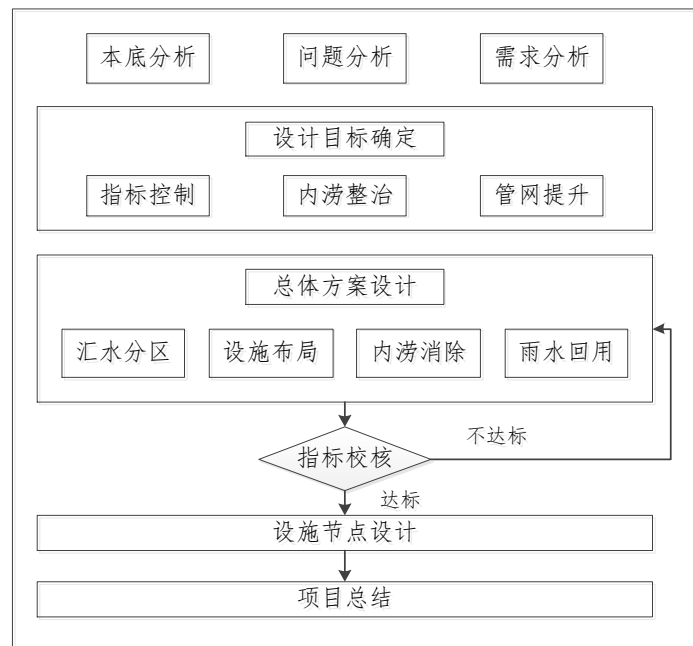


图 5 设计流程图

## 4.2 调蓄容积设置

### 4.3.1 综合雨量径流系数

场地下垫面主要有屋面、绿地、道路、硬化铺装，经计算，综合雨量径流系数为 0.46。

表 1 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
屋面	9800	0.90	0.46
透水铺装	3692	0.25	
市政道路	2279	0.85	
绿化	18835.5	0.15	
硬质铺装	7455.1	0.65	
总面积 (m <sup>2</sup> )	42061.6		

### 4.3.2 调蓄容积计算

根据设计目标 75% 年径流总量控制率，查阅衢州市柯城区降雨资料，依据《浙江省海绵城市规划导则》，对应设计降雨量为 24.2 mm，由容积法  $V=10H\phi F$  计算可得，所需调蓄体积  $V=472.2 \text{ m}^3$ 。

### 4.3 汇水分区划分

按管网的分布以及雨水出路，整个项目场地可划分为2个汇水分区，分别为汇水分区A和汇水分区B，具体分布如下：

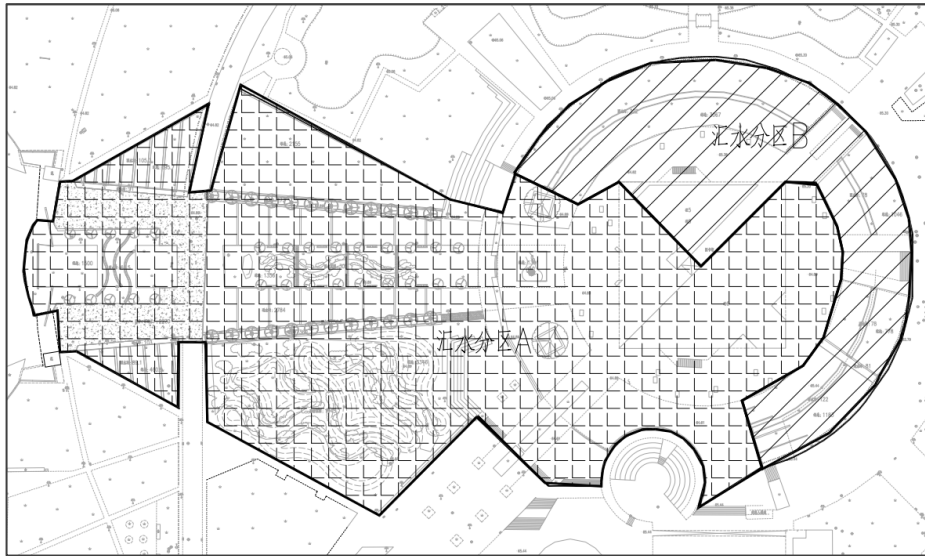


图6 汇水分区示意图

各汇水分区下垫面组成情况如下：

表2 分区下垫面统计

下垫面	汇水分区A		汇水分区B		合计
	面积 (m <sup>2</sup> )	径流系数	面积 (m <sup>2</sup> )	径流系数	面积 (m <sup>2</sup> )
屋面	7204.4	0.9	2595.6	0.9	9800
道路	2279	0.85	0	0.85	2279
绿化	12161.5	0.15	6674	0.15	18835.5
透水铺装	3611	0.25	81	0.25	3692
硬质铺装	6531	0.65	924.1	0.65	7455.1

### 4.4 详细设计

#### 4.5.1 设施平面布局

衢州学院图书馆及周边排水设计技术路线如下，主要包括屋面雨水收集和路面以及绿地雨水的处理，设计过程中主要考虑将屋面、道路雨水径流经净化后汇至蓄水模块中，溢流部分排入市政雨水管网中，减少市政排水管网压力。

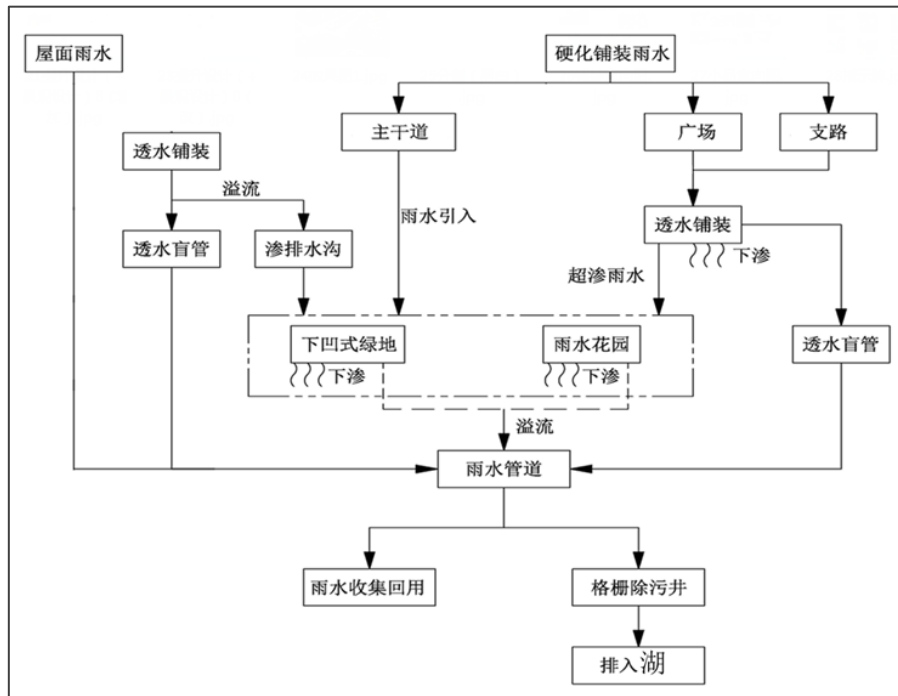


图 7 衢州学院图书馆及周边排水设计技术路线图

本项目主要设置透水铺装、雨水花园、下凹式绿地、蓄水模块等海绵设施，通过渗透、存蓄、调蓄、转输、净化等技术手段形成系统性低影响开发雨水管理系统。同时，为保证绿化存活率，在大面积绿化处设置渗透式排水沟，防止植被烂根。

表 3 各汇水分区海绵设施计算表

参数	汇水分区 A	汇水分区 B
雨水花园 (m <sup>3</sup> )	244.4	60
调蓄模块调蓄量 (m <sup>3</sup> )	300	150
实际总调蓄量 (m <sup>3</sup> )	544.4	210
设计调蓄容积 (m <sup>3</sup> )	375.6	96.6
差值 (m <sup>3</sup> )	+168.8	+113.4
是否满足设计要求	满足	满足

场地低影响开发设施平面布局如下图所示：

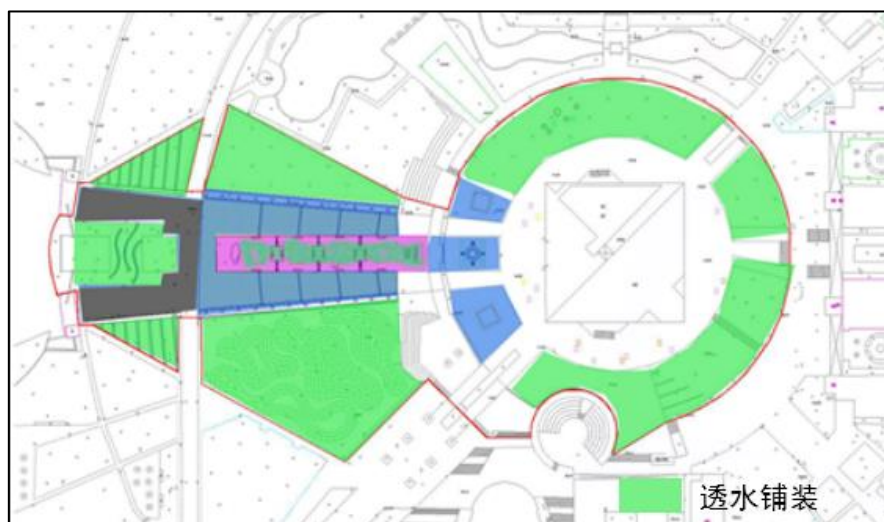


图8 透水铺装分布图



图9 雨水花园分布图

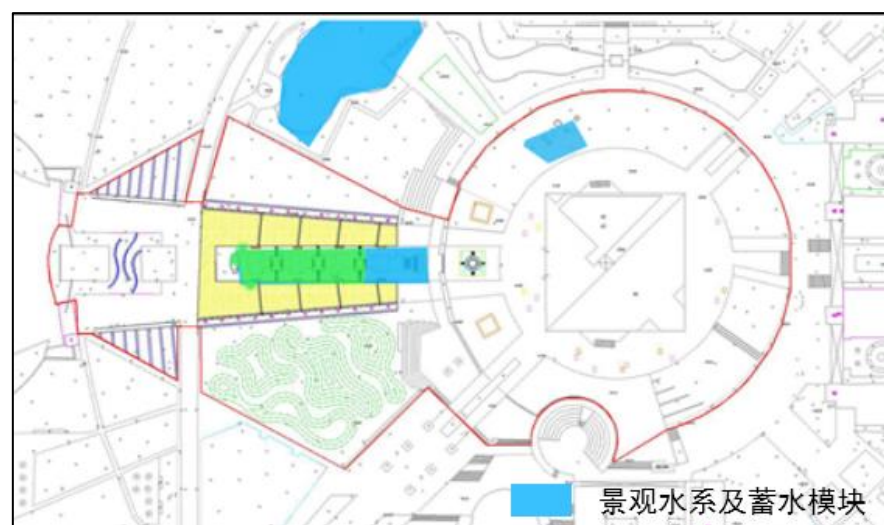


图10 景观水体及蓄水模块分布图

### 4.5.2 积水点改造方案

针对下沉式广场积水问题，主要采取以下3种措施进行改造：

(1) 于四周补种绿化，采取类似挡墙设计，保证雨水有效滞留于绿地。

(2) 于正对大门位置设置水跌景观，通过消能降低径流流速，消纳汇入径流。

(3) 对负一层雨水提升管进行提升改造，加强雨水提升泵排能力，同时更换损坏雨水边沟，保证排水畅通。

(4) 在图书馆北侧设置蓄水模块调蓄池，将图书馆及周边雨水径流提升至蓄水模块净化、存储，消除积水的同时，作为绿化灌溉、晴时景观水体的补给用水。



图 11 积水点改造节点示意图

### 4.5.3 设施节点设计

本项目主要海绵设施包括透水铺装、雨水花园、下凹式绿地、蓄水模块等，主要介绍如下。

#### (1) 透水铺装

本项目主要非机动车道、人行道、广场和地面停车场采用透水性铺装、透水混凝土等材料，增加雨水自然渗透空间。路基可采用砂类土或其他有渗透性的材料，道路横断面设计优化道路横坡坡向、路面与道路绿化及周边绿地的竖向关系，便于径流雨水汇入绿地内低影响开发设施；地面停车场车位可采用植草砖、透水混凝土等透水材料。车行道及停车车行道采用常规透水沥青。

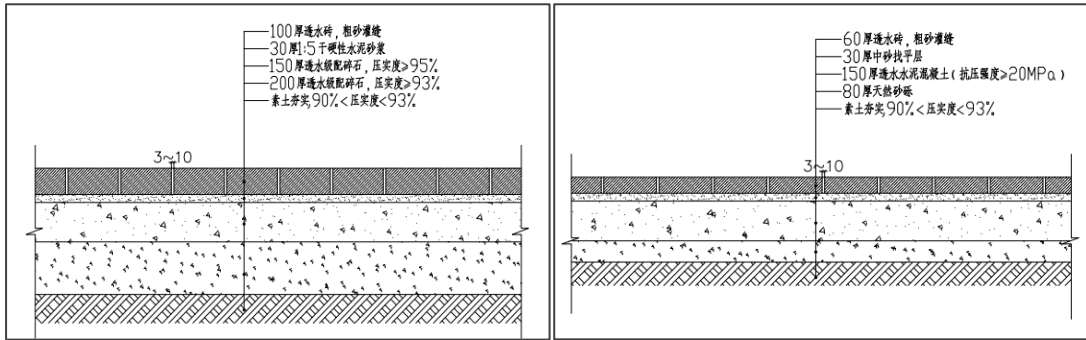


图 12 透水铺装做法大样图



图 13 透水铺装建成效果图

## (2) 雨水花园

本项目通过绿地植被及下层土壤的渗透蓄水，实现对径流雨水的净化和调蓄。在不影响周边地基与基础、地下水水质等前提下，尽量将绿地设计为生物滞留设施，将屋面、道路等各种铺装表面形成的雨水径流汇集入绿地中进行蓄渗，以增大雨水入渗量，多余的径流雨水从设在绿地中的雨水溢流口或道路排走。

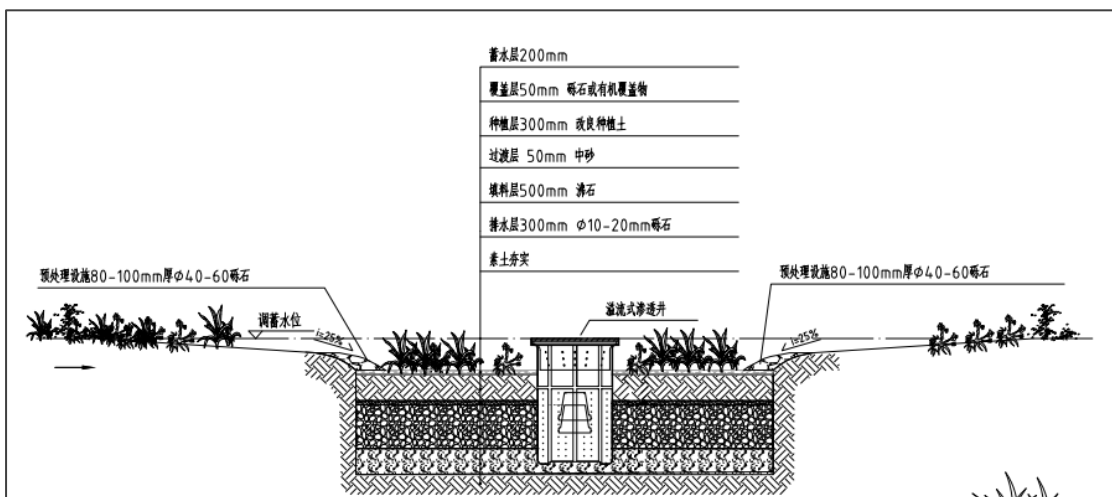


图 14 普通雨水花园做法大样图

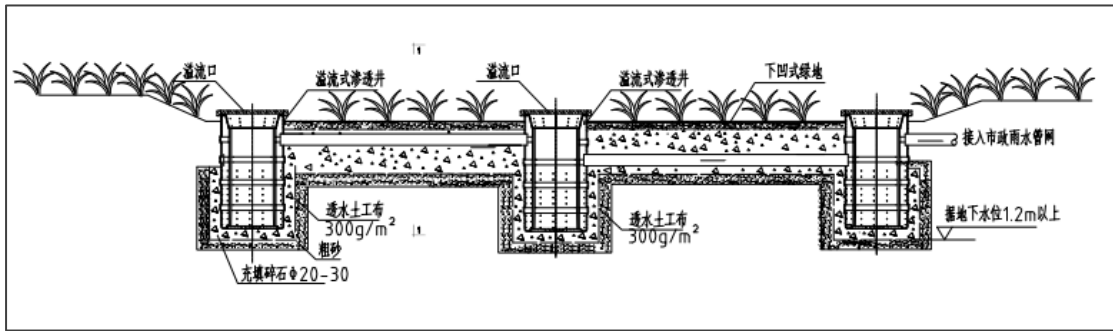


图 15 渗排一体下凹式绿地做法大样图



图 16 雨水花园建成效果图

### (3) 蓄水模块

屋面雨水经弃流设施弃流后，部分雨水补充景观水系，其余收集进入蓄水模块中储蓄作为雨水资源备用。

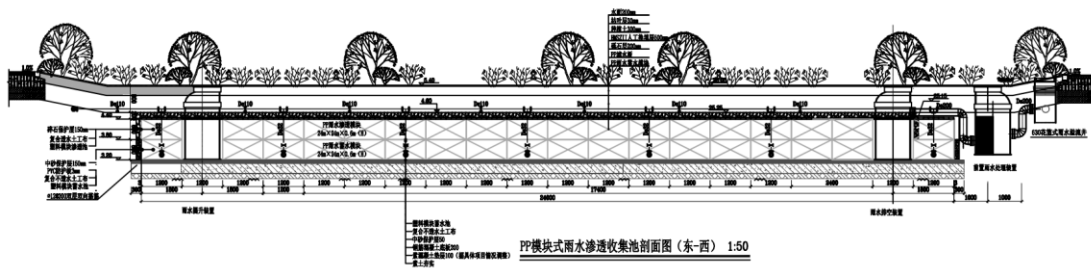


图 17 雨水蓄水模块做法大样图



图 18 蓄水模块施工过程



图 19 渗透式雨水沟建成效果图

## 5 建设目标校核

### 5.1 年径流总量控制率

经海绵改造提升后，衢州学院图书馆及其周边场地 LID 设施设计有效调蓄容积为 754.4 m<sup>3</sup>，则场地有效控制降雨量为：

$$H_{\text{控}} = \frac{V_{\text{有效}}}{A\varphi} = 38.9\text{mm} > 24.2\text{mm}$$

计算结果表明，场地实际控制降雨量远大于设计降雨量，满足设计目标要求。

表 4 年径流总量控制率复核表

参数	面积 (m <sup>2</sup> )	径流系数
屋面	9800	0.9
道路	2279	0.85
绿化	18835.5	0.15
透水铺装	3692	0.25
硬质铺装	7455.1	0.65
合计	42062	0.46
年径流总量控制目标 (%)	75% (24.2mm)	
设计调蓄容积 (m <sup>3</sup> )	472.2	
LID 设施调蓄量 (m <sup>3</sup> )	304.4	
蓄水模块调蓄量 (m <sup>3</sup> )	450	
实际总调蓄量 (m <sup>3</sup> )	754.4	
超出或仍需调蓄量 (m <sup>3</sup> )	超出 282.2	
是否满足设计标准	满足	

### 5.2 径流污染削减率 (SS 计)

各低影响开发设施针对径流 SS 污染去除率取值如下表所示，通过改造，场地内雨水径流污染物去除率可达 61.42%，满足 40%径流污染削减率控制目要求：

表 5 径流污染控制率复核表

参数	规模	去除率范围 (%)	设计取值 (%)
透水铺砖 (m <sup>2</sup> )	3692	72-95	70



雨水花园 (m <sup>2</sup> )	3044.4	70-95	85
蓄水模块 (m <sup>3</sup> )	450	80-90	80

## 6 效益分析

### (1) 经济效益

衢州学院海绵城市提升改造工程投入约 467 万元，与传统改造相比，增加投资约 86 万元，单位面积新增工程投资 20.13 元/m<sup>2</sup>，具体详见下表。通过海绵城市建设，减少周边道路市政雨水管网压力。同时，项目设置蓄水模块收集利用雨水资源，节约景观、绿化灌溉用水成本。

表 6 海绵城市改造工程造价

序号	工程项目或费用名称	金额 (万元)
一	工程费用	412.9361
1	市政工程费	281.3434
2	园林工程费	131.5927
二	工程建设其他费用	43.3892
1	建设管理费	18.1691
2	可行性研究费	3.7164
3	研究试验费	2.0647
4	勘查设计费	17.3743
5	节能评估费、审查费	0.8259

### (2) 生态效益

提升周边景观，结合景观打造校园内存蓄雨水的“海绵空间”。

### (3) 社会效益分析

解决下沉广场积水问题，提升学生、教师雨天出行体验。同时，项目总体完成情况较好，建设至今已有省、市、县各级领导、专家莅临现场调研指导，为海绵城市宣传推广作出良好贡献。



图 21 衢州图书馆海绵改造实景效果图

## 7 项目总结

### 7.1 项目特点

项目实施难度较低，工期短，但作用较为明显，从民生角度出发真正意义上解决了实际问题，美化提升了衢州学院内环境。改变以往“大开大建”的改造模式，构建场地低影响开发雨水系统，以较少投入实现雨水控制利用，缓解市政雨水管网压力的目的。

### 7.2 项目难点

下沉广场内涝积水情况成因较为复杂，存在负二层厕所错接污水管等问题，为保证项目切实解决问题，在项目前期委托进行地下管网普查工作，并做好设计、施工、业主三方的沟通，对发现的新问题及时予以解决。同时，屋面排水沟养护不方便，存在径流污染风险，后计划将雨水立管断接至高位花坛。同时，与衢州学院沟通做好屋顶排沟的日常养护工作。

### 7.3 技术总结

本项目在充分分析该地块生态本底条件、业主需求的基础上，通过地形调整及 LID 设施设置，在径流流向各环节进行把控，充分发挥自然积存、净化、滞留的作用。同时，设置景观水体、蓄水模块对雨水进行存蓄利用，在缓解市政雨水管网压力的同时做到节约用水。

### 7.4 项目情况

衢州市海绵办从项目立项始至主体完工全程介入，不定期安排人员进场巡查，保证项目设计符合现场实际情况，项目建设达到既定设计要求。

### 7.5 项目运维

督促衢州学院做好透水铺装、线性排沟、及蓄水模块进口的运维养护工作：定期做好排口、水景、管道的清淤保洁工作，保证排水通畅；雨季或暴雨警报前排空储水，为雨量错峰留足余量。

# 5

## 台州湾循环经济产业集聚区东部新区中心 消防站海绵城市建设工程

**项目位置：**聚英路以西，十塘坝以东，鲍浦大道以北

**项目规模：**红线面积为 13846 m<sup>2</sup>

**开工时间：**2017 年 10 月



台州湾循环经济产业集聚区东部新区，是集聚区连接台州城市中心的重要纽带。东部新区以“产业集聚区、城市新组团、滨海生态城、休闲游憩地”为目标，将东部新区建设成高品质的绿色大平台。随着海绵城市理念的提出，集聚区在项目建设中迅速植入海绵城市理念，本项目位于台州湾循环经济产业集聚区东部新区，以规划和导则为指导，构建低影响开发系统，建设自然积存、自然渗透、自然净化的海绵型地块，通过案例系统总结，为“既要金山银山，也要青山绿水”的生态建设理念提供实践参考。

### 1 项目基本情况

#### 1.1 项目背景

台州湾循环经济产业集聚区东部新区位于台州市东部（区位见图1），是台州城市结构“一心四组团”中的滨海组团，为台州湾循环经济产业集聚区的核心区。随着海绵城市理念的提出，集聚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。

消防站位于台州湾循环经济产业集聚区东部新区，以规划和导则为指导，统筹协调绿地、竖向、道路、排水、景观，构建低影响开发系统，建设自然积存、自然渗透、自然净化的海绵型地块。

## 1.2 场地区位分析

台州湾循环产业集聚区东部新区中心消防站，位于聚英路西侧，十塘坝东侧，鲍浦大道北侧，南面为公园绿地，具体项目位置详见图2。

项目红线范围内面积为 13846 m<sup>2</sup>，主要建筑 1 栋，辅助建筑 2 栋，场地内有大面积硬质铺装，布置了室外停车位若干，项目类型属于公建类新建项目。

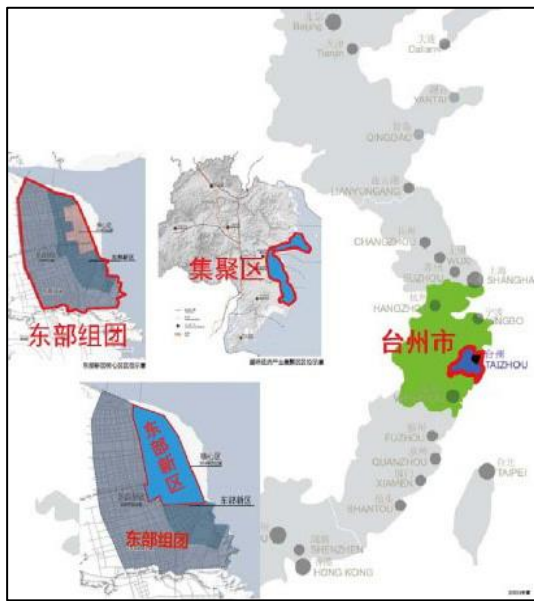


图1 台州湾集聚区东部新区区位图



图2 项目场地区位图

## 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。属于亚热带季风气候，四季分明，受海洋水体调节和高山对寒流的阻滞，夏少酷热，冬无严寒，雨水充沛，冬季平均气温低于 10℃，夏季高于 22℃。

集聚区东部新区内多年平均降水量 1632 mm。5月下旬至6月下旬，为历时 1 个多月的梅雨期，降水量超过 300 mm，占年降水量的 20%，6~9 月降雨量占年总量的 54.8%。

## 1.4 水文地质条件

消防站位于台州湾集聚区东部新区冲击平原，地势平坦，区域土壤土质为滨海盐土，土壤和地下水中盐分含量高，对海绵城市植被的选择和种植提出了较高的要求；同时东部新区土壤为淤泥质黏土，渗透性能差。

## 1.5 场地条件

### 1.5.1 下垫面分析

消防站有主要建筑1栋,辅助建筑2栋,场地内有大量硬质铺装(见下图),具体下垫面分析详见表1,区域内绿地面积为3156 m<sup>2</sup>,绿地率约22.80%,根据《室外排水设计规范(2016年版)》,区域改造前综合径流系数取0.68。

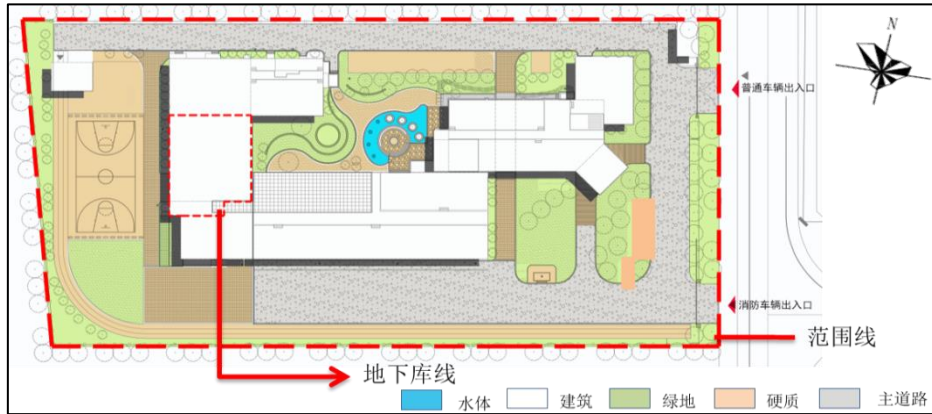


图3 区域现状

表1 下垫面分析

总面积 (m <sup>2</sup> )	建筑屋面 (绿色屋顶)(m <sup>2</sup> )	硬质地面 (m <sup>2</sup> )				水体 (m <sup>2</sup> )	绿地 (m <sup>2</sup> )
		室外 停车	道路	硬质 铺装	场地		
13846	3598	304	881	3875	1923	109	3156
		6983					

### 1.5.2 竖向分析

消防站整体地势较为平坦,竖向高程在4.02 m~4.20 m之间,最低点位于西北角,竖向分析详见下图。

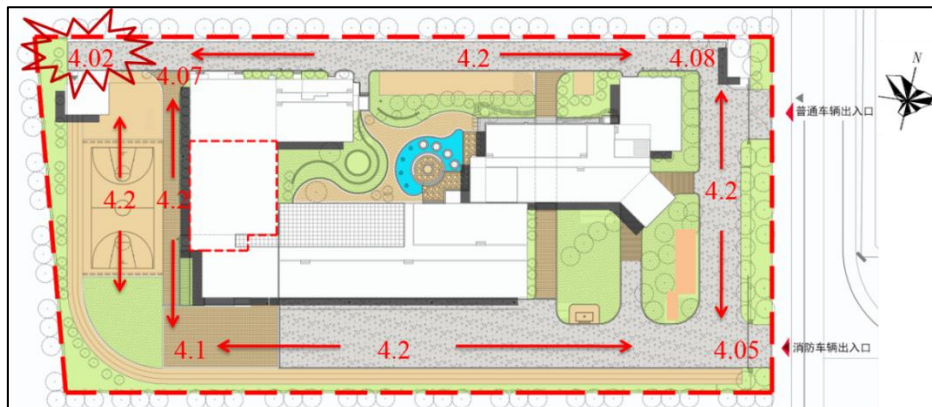


图4 竖向分析图

### 1.5.3 现状排水分析

根据消防站给排水设计，排水体制为雨污分流制；现状设计的屋面共有雨落管 26 根，屋面及道路雨水直接排入雨水管网，经收集后排向聚贤路市政管网。现状排水管网详见下图，此外消防站内设有一座容积 103 m<sup>3</sup> 的蓄水池。

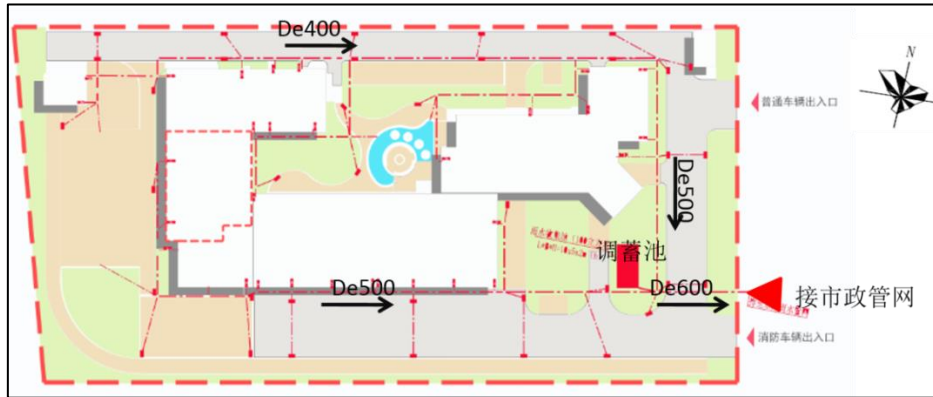


图 5 现状排水管线图

### 1.5.4 现状综合评价

(1) 现状区域竖向平缓，地面雨水径流由建筑中间流向东西两侧。部分雨落管位于建筑内部，对其断接存在不利影响，需重新考虑建筑排水；

(2) 现状屋顶设计基本为绿色屋顶，对雨水有一定径流控制；

(3) 绿地主要设置在建筑周边，雨落管断接，有利于后续海绵处理；

(4) 现状设置的调蓄池，可考虑作为补充景观水体，提高雨水回用。

## 1.6 实施目的和意义

(1) 海绵城市建设是东部新区“产业集聚区、城市新组团、滨海生态城、休闲游憩地”实施的必然选择；

(2) 海绵城市建设是东部新区保护与修复自然，改善城市环境的有效途径；

(3) 海绵城市建设是东部新区削减雨水径流污染，缓解内涝的重要举措；

(4) 海绵城市建设是东部新区社会投资项目规划管控与引导的需要。

## 2 问题与需求分析

### 2.1 土壤地质的特殊性

集聚区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，土壤和地下水中盐分含量高，盐碱化现象严重，土壤渗透性能较差，如何利用雨水对原状土壤进行降盐，提高其透水性、保水性及截污净化等能力成为本项目海绵设计亟待解决的问题，对海绵城市植被的选择和种植提出了较高的要求。

### 2.2 雨水回收利用

集聚区东部新区淡水资源较为宝贵，若采用市政用水灌溉成本较大，需对雨

水进行有效的收集利用，补充淡水资源，用于道路及绿化浇灌。

### 2.3 居住区人居环境提升

项目现状屋顶设计基本为绿色屋顶，绿地主要在建筑周边，绿地率较高，通过合理布设海绵设施，有效的径流组织，将建筑、道路及硬质铺装的雨水合理组织，排入绿地中的海绵设施进行滞蓄、净化，多余的雨水溢流入排水管网，进入雨水调蓄池调蓄利用，满足海绵城市设计目标要求，全面提升项目品质。

## 3 建设目标与设计原则

本项目结合海绵城市建设理念，采用各种 LID 设施组合将“渗、滞、蓄、净、用、排”的理念融入排水和景观设计中，用以控制地表径流，结合《东部新区海绵城市建设专项规划》的目标及定位，因地制宜开展系统设计。

### 3.1 设计目标

根据《台州市海绵城市专项规划》、《台州湾循环经济产业集聚区东部新区海绵城市建设管理办法》及相关规范，本项目设计目标如下：

- （1）年径流总量控制率设计目标不低于 75%，对应设计降雨量为 26.5 mm；
- （2）年径流污染削减率（以 SS 计）设计目标为 60%；
- （3）内涝防治重现期为 30 年一遇。

### 3.2 设计原则

#### （1）理念转变——生态为本、自然循环

改变传统思维方式，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。区域内设置包括雨水花园、透水路面及绿色屋顶等源头分散 LID 设施，雨水通过渗、滞、蓄、净后，排入雨水管道系统，减少排水管网压力。

#### （2）系统实施——因地制宜、空间统筹

根据场地特征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，合理制定海绵方案，因地制宜的采取“渗、滞、蓄、净、用、排”等措施。

#### （3）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。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。

#### （4）绿色与灰色相结合

通过源头减排、过程控制和末端处理等措施，优先利用雨水花坛、雨水花园、绿色屋顶等绿色雨水基础设施，重视地下管渠、调蓄水池等灰色雨水基础设施的

建设，灰绿结合，共同建设海绵城市。

### 3.3 设计依据

本次设计遵循的标准、规范、规程如下：

- (1) 《海绵城市建设技术指南》（试行） 住建城乡建设部 2014年10月
- (2) 《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）
- (3) 《台州市海绵城市专项规划》（2016-2030）
- (4) 《台州湾循环经济产业集聚区东部新区海绵城市建设管理办法》（台集发【2017】23号）
- (5) 《工程建设标准强制性条文》（城镇建设部分）
- (6) 《市政公用工程设计文件编制深度规定》（2013版）
- (7) 《室外排水设计规范》（GB 50014-2006）（2016年版）
- (8) 《城镇给水排水技术规范》（GB 50788-2012）
- (9) 《给水排水工程管道结构设计规范》（GB 50332-2002）
- (10) 《给水排水工程构筑物结构设计规范》（GB 50069-2002）
- (11) 《混凝土结构设计规范》（GB 50010-2010）（2015版）
- (12) 《给水排水管道工程施工及验收规范》（GB 50268-2008）
- (13) 《埋地塑料排水管道工程技术规范》（CJJ 143-2010）
- (14) 《埋地用聚乙烯（PE）结构壁管道系统 第2部分：聚乙烯缠绕结构壁管材》（GB/T 19472.2-2004）
- (15) 《埋地聚乙烯排水管道工程技术规程》（CECS 164-2004）
- (16) 《透水砖路面技术规程》（CJJ/T 188-2012）

## 4 海绵工程设计

### 4.1 技术路线

综合考虑规划要求、现状排水条件、降雨条件等因素，拟确定控制总量，在根据确定总量及设计原则进行总体设计及细化，具体如图6。

### 4.2 总体方案设计

#### 4.2.1 汇水分区

依据道路竖向、雨落管、排水管网等实际情况，将消防站划分为7个子汇水分区（详见图7），各个汇水分区的面积及海绵设施的布置见表2。



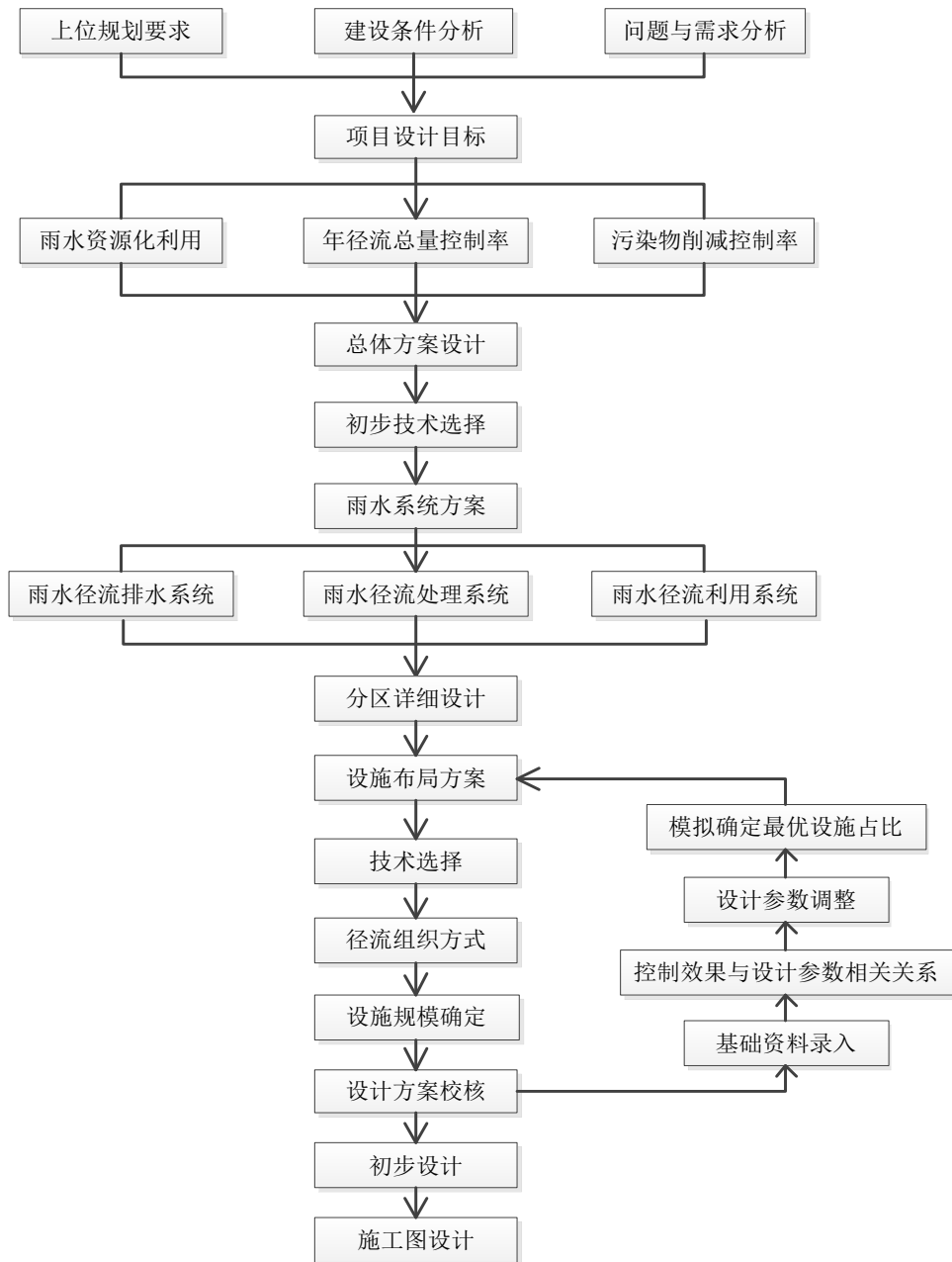


图6 技术路线图

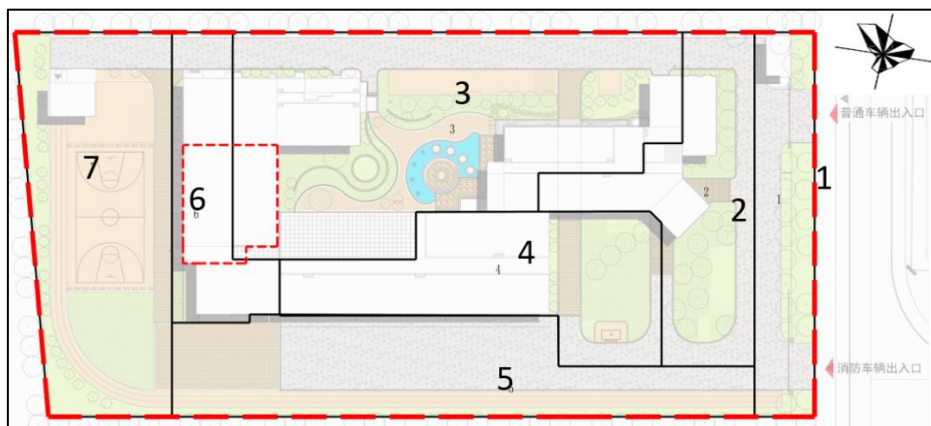


图7 汇水分区图

表 2 汇水分区及汇水面积

汇水分区	海绵城市改造前面积 (m <sup>2</sup> )				
	总面积	屋面	硬地	绿地	水体
1	1061	0	542	459	0
2	1265	451	750	527	0
3	3810	1513	1424	664	109
4	1751	914	552	520	0
5	2279	0	1626	253	0
6	1058	720	382	242	0
7	2312	0	1707	491	0
合计	13846	3598	6983	3156	109

#### 4.2.2 雨水径流组织与设施选择

将绿地中雨水合理组织，排入绿地中海绵设施进行滞蓄、净化，多余的雨水溢流入排水管网，进入雨水调蓄池调蓄利用；屋面雨水通过雨落管断接，排至雨水花坛与雨水花园中，多余雨水溢流排至消防站室外雨水管网中；道路、铺装雨水由透水铺装等设施进行消纳，排至雨水管网，雨水径流组织与设施详见下图，末端调蓄设施对雨水进行调蓄利用，全面提升地块排水安全以及径流污染控制。

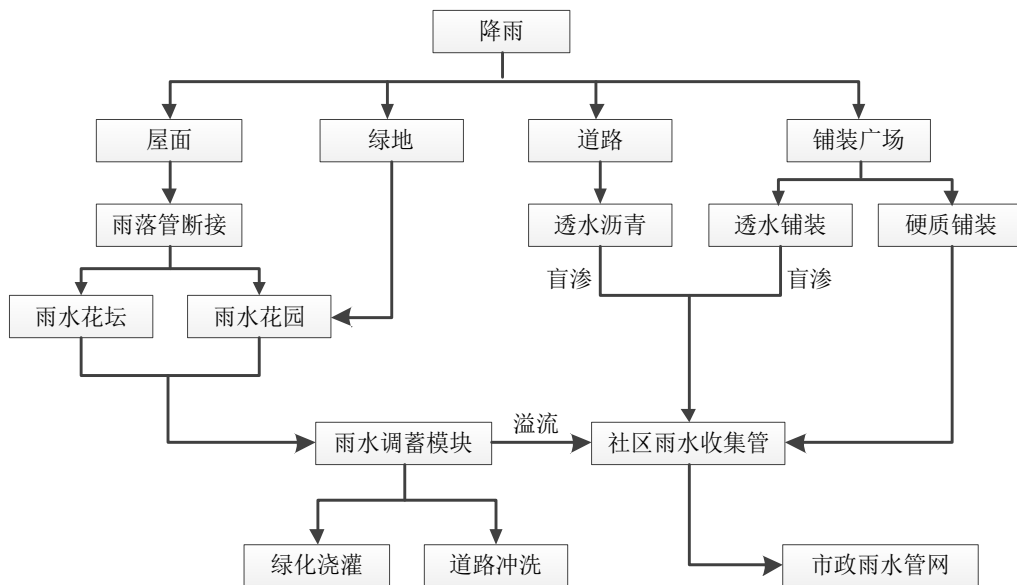


图 8 雨水径流组织图

#### 4.2.3 LID 设施布置

根据“因地制宜、空间统筹、功能与景观相结合、绿色与灰色相结合”的原则，本项目分别在各子汇水分区分散设置雨水花园、雨水花坛、透水铺装、绿色屋顶

等 LID 设施，通过源头减排的方式来降低设计范围内的雨水径流量，削减径流污染，减轻区域内管网的压力，海绵城市设施总体布局详见下图。



图9 LID 设施布置平面图

按照各汇水分区的下垫面情况、排水管渠及景观功能等要求，因地制宜设置 LID 设施后各汇水分区下垫面的情况详见下表，改造后综合径流系数为 0.37。

表3 海绵城市设计后下垫面情况一览表

序号	海绵城市改造后下垫面分析			
	性质	面积(m <sup>2</sup> )	径流系数	综合径流系数
1	屋面	687	0.80	0.37
2	绿色屋顶	2911	0.35	
3	硬质地面	2440	0.85	
4	透水铺装	1129	0.25	
5	透水沥青	3202	0.2	
6	透水混凝土	212	0.2	
7	绿地	3156	0.15	
8	水体	109	1.00	

### 4.3 分区详细设计

#### 4.3.1 径流组织与设施设置

以 3 号汇水分区为例(位置及设施布局见下图)，进行汇水分区内下垫面情况分析。由于区域内建筑均为低矮公共建筑，因此建筑屋顶采用绿色屋顶；考虑到综合海绵示范作用及景观功能，将停车位及入口人行道设置为透水铺装，外围车行道采用透水沥青，中心活动空间部分采用透水混凝土，透水停车位与雨水花园相结合，形成海绵特色生态景观；屋面雨水结合雨落管设置接入雨水花园，有效收集、净化雨水，多余雨水溢流排入雨水管网系统；周边绿地不足的建筑，设置

雨水花坛，通过分散的海绵设施消纳雨水，合理径流组织，综合提升径流控制。



图 10 3号汇水分区 LID 设施布置图

### 4.3.2 局部节点设计

#### (1) 雨水花园

屋顶雨水立管就近断接至雨水花园，不直接散水至路面，以免冬天结冰时，造成行人滑倒摔伤。如下图所示，雨落管断接入雨水花园和雨水花坛时，采用宽 400 mm，粒径为 30 mm~50mm 的卵石作为消能带。

雨水花园作用主要为净化、滞蓄雨水，结构分为滞水层、覆盖层、换填层和碎石排水层四部分，底部设有穿孔管，以排出超过设计蓄水量的积水，雨水花园与建筑物距离大于 2 m，采用防水土工布防止下渗水对建筑物基础的影响。

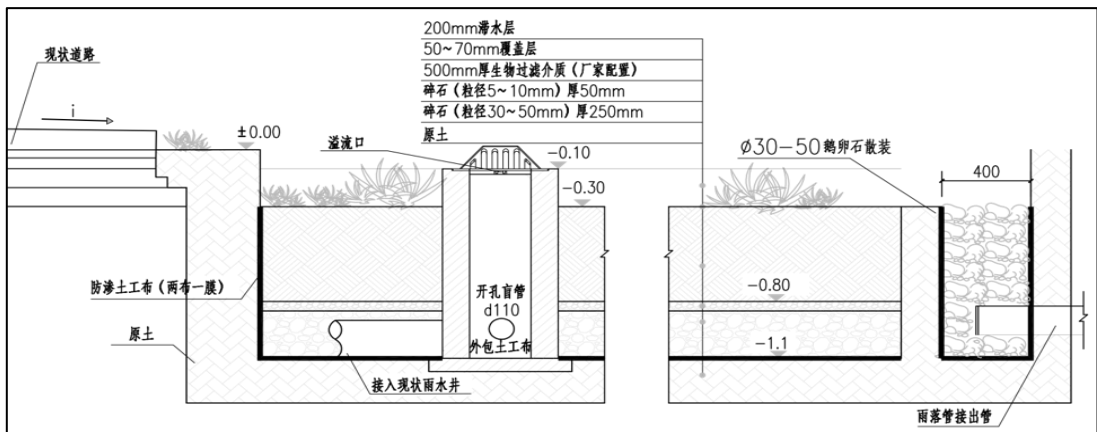


图 11 雨水花园大样图（与雨落管衔接）

#### (2) 透水路面

区域内路面采用透水铺装、透水沥青及透水混凝土等材料（详见下图），渗透性能较好，实现雨水下渗、滞留与净化，同时缓解雨水管网的压力。

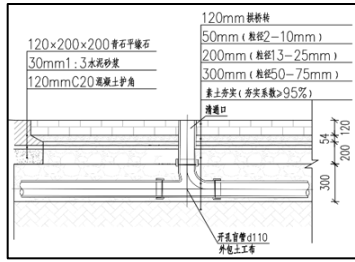


图 12 透水铺装大样图

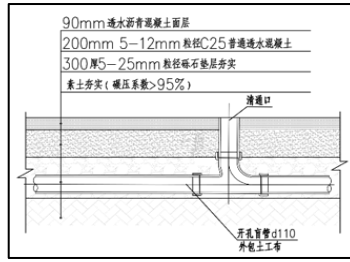


图 13 透水沥青大样图

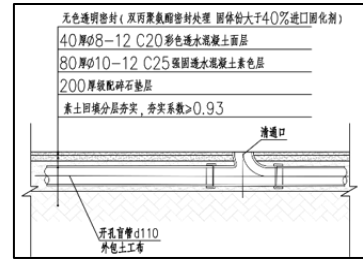


图 14 透水混凝土大样图

### (3) 绿色屋顶

绿色屋顶前须检测鉴定房屋结构安全性，选用轻质种植土、种植地被植物，并按《种植屋面工程技术规程》JGJ 155 要求设置。普通一道防水材料宜选用：4mm 改性沥青防水卷材、3mm 自粘聚酯胎改性沥青防水卷材等；耐根穿刺防水层宜选用：复合铜胎基 SBS 改性沥青防水卷材、APP 改性沥青耐根耐根穿刺防水卷材等。

## 4.4 施工过程与要点

### 4.4.1 雨水花园

#### (1) 施工过程

雨水花园施工过程包括开挖沟槽、碎石铺设、盲管敷设、滤料碎石回填、无纺布覆盖、中粗砂垫层、混合料回填、植物栽植等。

#### (2) 关键点

雨水花园的施工要点在于：开挖沟槽采用矩形，有利于径流控制；混合料经过多次搅拌，保证混合均匀后再进行回填，确保滤水与滞水作用；底部采用“两布一膜”，防渗采用的土工合成材料，防止雨水下渗影响建筑基础。

#### (3) 注意事项

混合料在回填前需做蓄水和滤水实验，确定设计提供的配合比合理性，以便达到最好的蓄水、滤水效果，保持长期的有效性；换填层土壤需达到以下要求：初始下渗率不小于 100 mm/h；稳渗速率不低于 75 mm/h；有机质含量（%LOI）为 2.5%~3.5%；酸碱度（pH）为 5.5~6.5；TSS 去除率不小于 75%。

### 4.4.2 透水路面

#### (1) 施工过程

透水路面施工过程包括开挖沟槽、碎石铺设、盲管敷设、透水层铺设等。

#### (2) 关键点

盲管铺设于碎石层中，坡度顺碎石层坡，就近接入附近雨水口（井）；盲管开孔孔宽 2 mm，长 40 mm，孔间距 50 mm。

### （3）注意事项

排水盲管遇树木或设施时，可弯曲偏移，保证接入雨水检查井内。

#### 4.4.3 绿色屋顶

##### （1）施工过程

绿色屋顶的施工过程主要包括对屋面进行找坡，防止出现积水，安装排水板，用无纺布覆盖，采用轻质土回填，整平后进行植物栽植。

##### （2）关键点

应选用防根穿刺的防水材料，找坡选用轻质材料，减少屋面荷载。

##### （3）注意事项

轻质土回填前做好排水沟及虹吸口覆盖，防止杂物落入造成管道堵塞。

## 5 建成效果

### 5.1 指标复核

分区指标复核计算见下表，经计算，场地内所有汇水分区满足 75% 的年径流总量控制率，场地面源污染削减率为 62.63%，大于污染物削减率 60% 的目标值，满足设计要求。

表 4 LID 面积与径流控制量一览表

汇水分区	面积 (m <sup>2</sup> )	硬质 地面 (m <sup>2</sup> )	渗透 铺装 (m <sup>2</sup> )	水体 (m <sup>2</sup> )	屋面 (m <sup>2</sup> )	绿地 (m <sup>2</sup> )	LID 设施分类及面积				调蓄 总容 积	设计 调蓄 容积	差值
							雨水 花园 (m <sup>2</sup> )	调蓄 容量 (m <sup>3</sup> )	渗透 铺装 (m <sup>2</sup> )	调蓄 容量 (m <sup>3</sup> )			
1	1061.4	97.5	544.9	0.0	0.0	419.0	0.0	0.0	544.9	15.3	15.3	8.9	6.4
2	1565.0	144.4	606.3	0.0	407.3	407.0	41.3	16.1	606.3	17.0	33.1	10.3	22.8
3	3810.1	681.7	942.4	109.0	1413.0	664.0	143.0	55.8	942.4	26.4	82.2	26.9	55.3
4	1758.9	229.0	287.7	0.0	814.0	428.2	105.0	41.0	287.7	8.1	49.1	9.7	39.4
5	2279.8	564.0	1462.0	0.0	0.0	253.8	0.0	0.00	1462.0	40.9	40.9	26.4	14.5
6	1058.4	296.4	0.0	0.0	620.0	142.0	142.0	55.4	0.0	0.0	55.4	7.4	48.0
7	2312.4	1532.0	295.0	0.0	0.0	485.4	96.0	37.4	295.0	8.3	45.7	41.2	4.5

表 5 LID 设施径流污染控制率一览表

序号	设施	SS 去除率	处理雨水量百分比
1	渗透铺装	70%	44.72%
2	雨水花园（花坛）	85%	55.28%
低影响开发设施对 SS 的平均去除率			78.29%
年 SS 总量去除率			62.63%

5.2 设计效果图

消防站工程整个项目将分散的 LID 设施连成统一、完整的径流路径，有效的削减雨水径流量及径流污染，具体详见下图。



图 15 LID 系统效果图

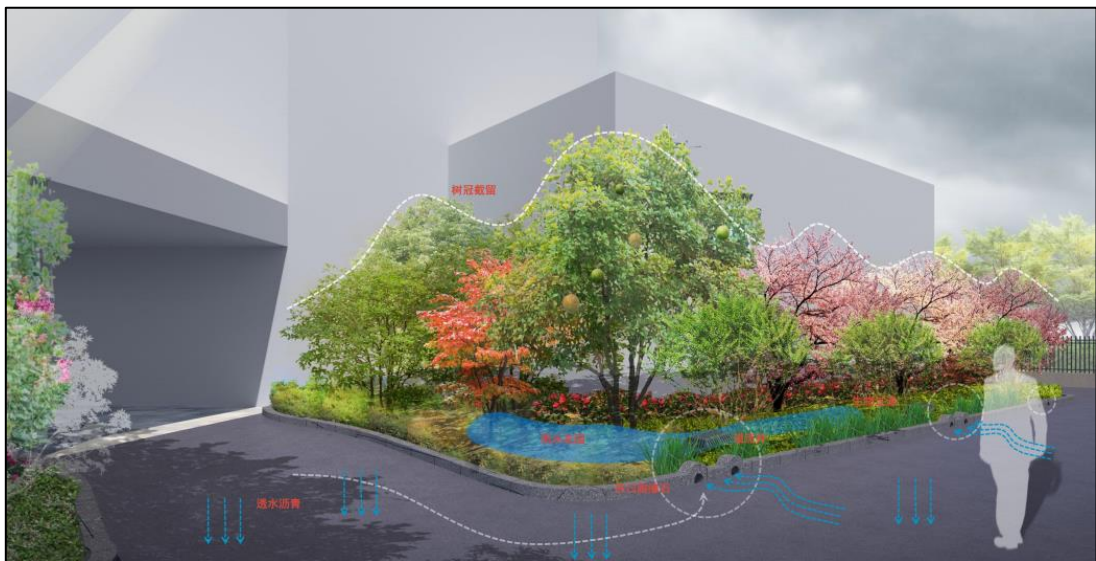


图 16 雨水花园效果图

道路雨水径流，部分通过透水沥青下渗，部分雨水通过路缘石开孔流入雨水花园，多余的由雨水溢流口排出。雨水花园雨水径流过程详见上图。

雨水花坛对雨落管断接雨水进行调蓄、净化，多余的雨水排至透水铺装进行进一步下渗、净化，雨水花坛效果图详见下图。



图 17 雨水花坛效果图

生态停车场综合考虑景观与海绵功能(见下图)，通过多层植物、雨水花园、透水铺装等组合，形成半封闭舒适的空间景观，车行道与停车场。

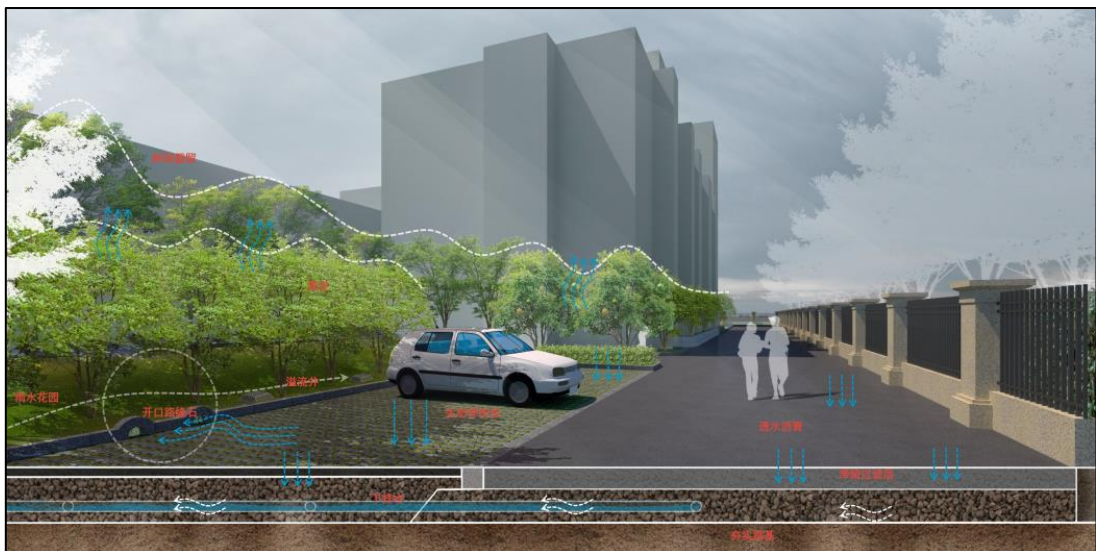


图 18 生态停车场效果图



### 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，但对材料本身的个别指标上有特殊要求，本项目工程造价如下表。

表6 海绵设施工程造价一览表

海绵设施	数量	单位	单价（元）	造价（万元）
雨水花园	314	m <sup>2</sup>	700	21.98
透水沥青	3278	m <sup>2</sup>	200	65.56
透水铺装	1115	m <sup>2</sup>	150	16.73
透水混凝土	213	m <sup>2</sup>	200	4.26
绿色屋顶	3242	m <sup>2</sup>	200	64.84
雨水收集系统	103	m <sup>2</sup>	400	4.12
总计				<b>177.49</b>

## 6 项目总结

台州东部新区中心消防站项目建成后能提高地块排水能力，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

本项目的难点主要在景观植物选配和土质换填上，具体如下：

土壤渗透性能差，需进行土壤换填以增加土壤渗透性

对于盐碱化严重的土壤可采取改良措施，通过排盐、洗盐、降低土壤盐分含量，并种植耐盐碱、耐水湿的植物；此外，为更好发挥雨水花园等设施功能，可进行土壤换填，换填要求为：换填层土壤初始下渗率 $\geq 100$  mm/h；稳渗速率 $\geq 75$  mm/h；有机质含量为2.5%~3.5%；pH为5.5~6.5；TSS去除率不小于75%；

（2）海绵设施配套的景观植物应重视植物抗性以及后期养护管理：

本项目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，使人工配置植物群落自然和谐。

### 6.2 项目设计

台州东部新区中心消防站海绵城市主要从绿色与灰色设施综合考虑，全面考虑景观与海绵功能相协调，综合提升消防站环境质量。

### 6.3 海绵材料

消防站海绵城市设计项目区域内建筑屋顶大多设置为绿色屋顶，停车场全部

设为透水铺装，透水停车位与雨水花园相结合，使整个地块形成海绵的、连通的渗滤系统，形成海绵特色生态景观，建筑旁雨水花坛和雨水花园结合雨落管设置，有效收集、净化雨水；雨水通过下渗、滞蓄、调蓄、净化处理后，多余雨水排入雨水管网，通过末端雨水调蓄池进行调蓄、净化、利用，综合提升径流控制。

#### 6.4 项目建设

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，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，在项目建设过程中，集聚区海绵办都尽量让设计人员参与现场，以便积极解决问题，避免返工。

（1）施工过程中关键要注意复核设施面积、标高是否与设计相符；

（2）严格控制海绵设施各层材料，渗透率，竖向及水流方向，必须采用建筑围栏将 LID 设施与周边进行隔离，以防止施工过程中被重型机械压实或破坏；

（3）在使用土工布和衬垫时，应仔细安装、防止损坏，并确保安装时材料边缘重叠厚度至少 15 mm；土工布和衬垫施工完毕并经检验合格后方可进行排水层及过渡层施工，施工前碎石必须已经冲刷洗净；

（4）雨水花园溢流口标高需低于路面，但高于底部以保证 10 cm~20 cm 的储水深度，施工时应避免压实过滤介质，土壤分层回填，每层 300 mm，并用反向铲轻微拍打，由于浇灌也将使土壤紧实，填埋高度可略增加、控制在 50 mm 以内。

#### 6.5 项目运维

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，同时后期定期对海绵的植物进行定期养护。

#### 6.6 项目成效

（1）提高防洪排涝能力。

通过竖向的控制和管网的合理布置，综合提升了区域的防洪排涝能力。

（2）控制年径流总量。

通过各种 LID 设施的组合，将区域年径流总量控制率达到 75% 以上。

（3）改善水环境。

道路和屋面形成的雨水径流通过 LID 设施处理后，进入雨水管网进行雨水收集，能够对雨水进行有效处理，减少径流污染。

（4）提高环境舒适度。

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，使植物群落自然和谐。

## 6.7 示范意义

本项目建设可为今后整个东部新区的海绵城市建设提供标准的样板，为整个台州市的海绵城市建设提供指导性参考意见，为全省乃至全国的海绵城市发展提供具有特色的海绵城市建设典型案例。

### （1）海绵设施多样与关联

根据场地特征，综合采用雨水花园、绿色屋顶、透水路面等多种海绵措施，综合考虑水资源、水环境、水生态、水安全等方面现状问题和建设需求，坚持问题导向与目标导向结合，合理制定海绵方案，因地制宜采取“渗、滞、蓄、净、用、排”等措施，构建相互关联的海绵设施，实现海绵城市目标要求。

### （2）绿色与灰色相结合

优先利用雨水花坛、雨水花园、绿色屋顶等绿色雨水基础设施，结合地下管渠、调蓄水池等灰色雨水基础设施，综合控制，有效消减雨水径流总量及雨水径流污染，实现地块整体海绵城市目标要求。

### （3）景观与海绵相结合

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。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。

# 6

## 青山湖国家森林公园环湖绿道工程

**项目位置：**杭州市临安区东郊，城西科创大走廊西端

**项目规模：**总长 42.2 km

**开工时间：**2016年5月



青山湖科技城是浙江建设科技强省和创新型省份的重大工程，也是杭州城西科创产业集聚区的核心组成部分。青山湖科技城将坚持“高起点、高标准、高水平”目标，按照“特色鲜明、品质一流、作用突出”要求，努力把科技城建设成为国际先进、国内一流的科技资源集聚区、技术创新源头区、高新企业孵化区、低碳经济示范区，成为“科技新城、品质新区”。

本项目位于杭州市临安区青山湖科技城，在项目一期、二期、三期建设中植入海绵城市建设理念，依托生物滞留设施、梯田花溪、湿地、透水铺装等技术运用，构建环湖道路低影响开发系统，将青山湖环湖绿道打造成青山湖科技城环湖海绵带。

### 1 项目基本情况

#### 1.1 项目背景

临安区是杭州市辖区，位于浙江省杭州市西部。地处浙江省西部天目山区，东邻余杭区，西接安徽省，南连富阳市，桐庐、淳安县，北接安吉及安徽宁国、绩溪县，市境东西长 110 km，南北宽 59 km，包括原临安、於潜、昌化三县范围，

总面积 3126.8 km<sup>2</sup>，是浙江省陆地面积最大的县级市。临安区中心城区及建成区范围如下图所示。

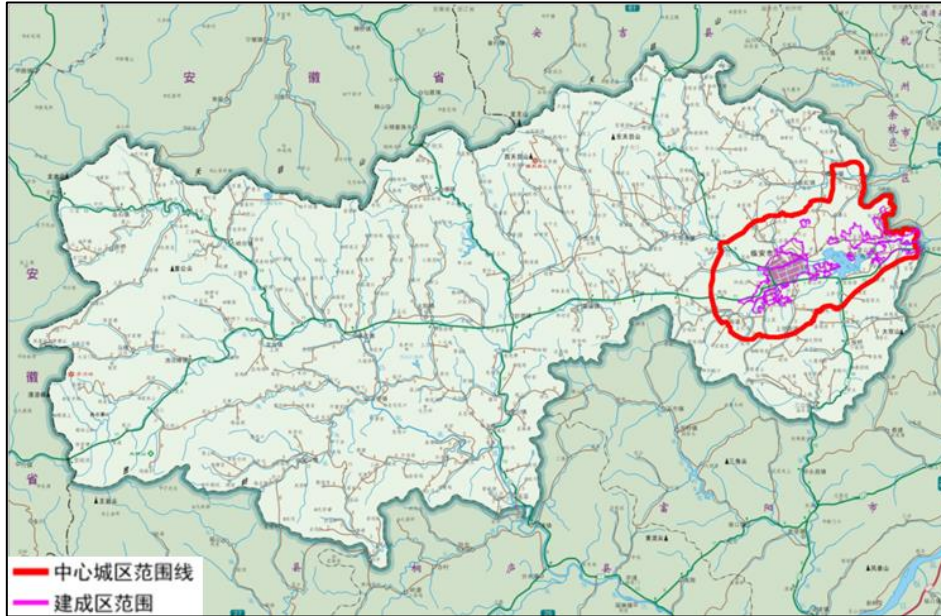


图 1 区位图

青山湖位于杭州市临安区东郊，城西科创大走廊西端，如下图所示，结合《临安区中心城区海绵城市专项规划》（2017-2030）要求，以相关技术导则为指导，统筹协调绿地、竖向、道路、排水、景观，构建低影响开发系统，建设自然积存、自然渗透、自然净化的海绵型地块。

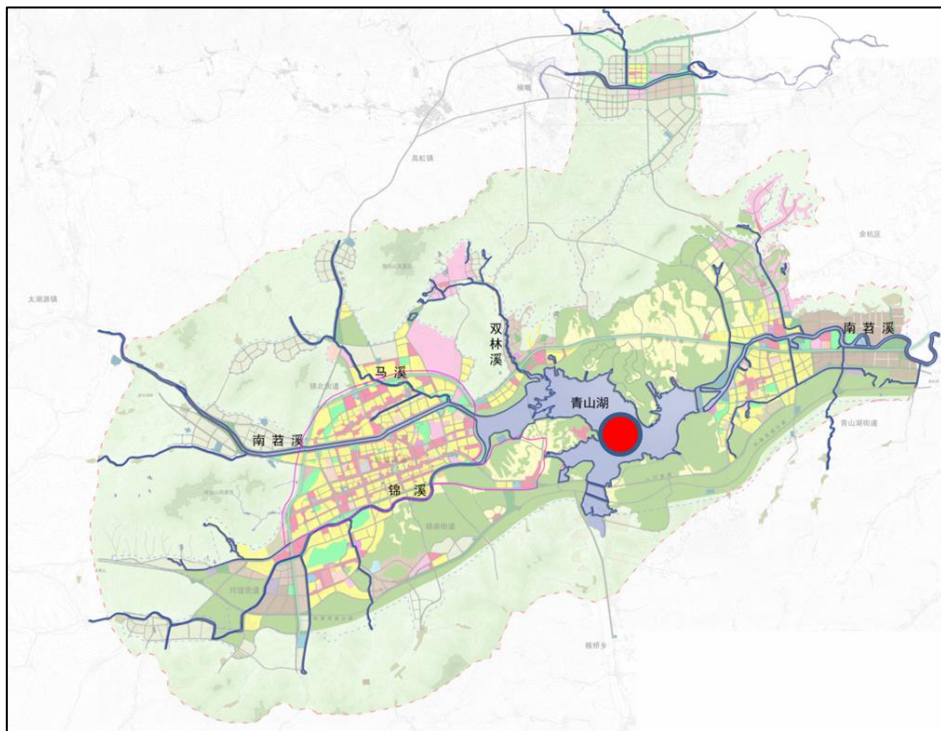


图 2 项目实施区域

## 1.2 场地区位分析

青山湖水域开阔，湖山一体，生态环境优越，绿道环湖而建，连接城、村、湖、山，临湖率 80%，规划总长 42.195 km。青山湖环湖绿道总平面如下图所示。

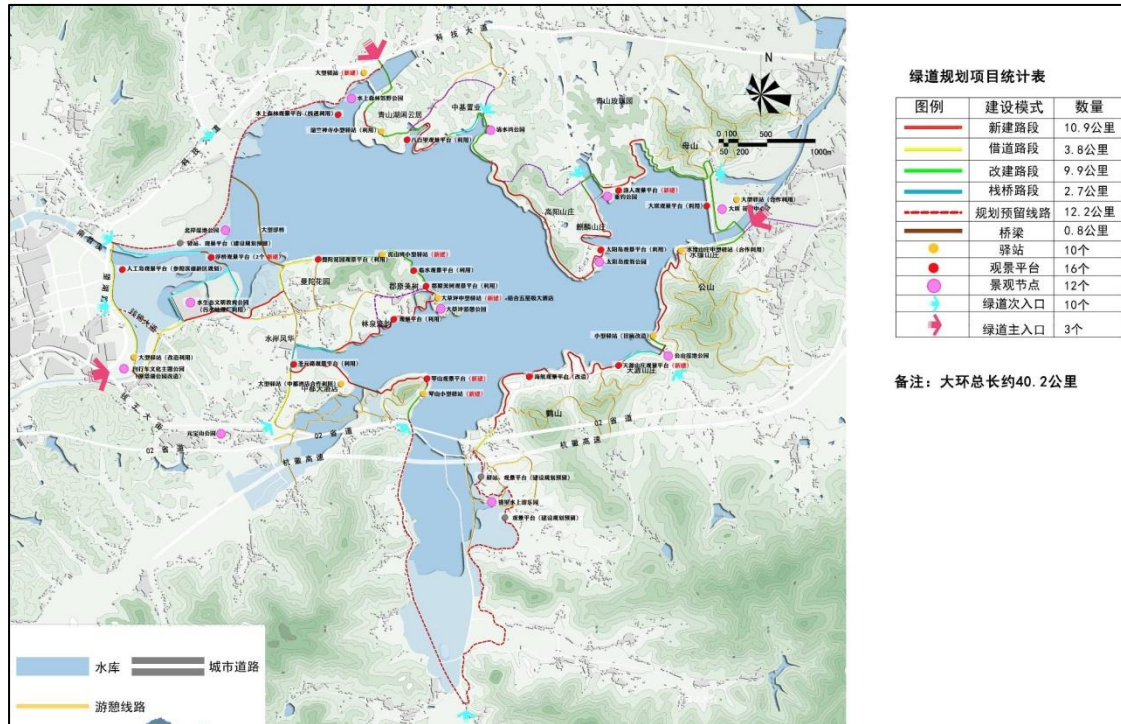


图3 青山湖环湖绿道总平面图

## 1.3 气候条件

临安区地处欧亚大陆的东南部，为季风活动的剧烈地带，四季分明，气候温和，雨量充沛，是典型的亚热带季风气候。年平均气温 15.9℃，年日照时数 1849.7 h，年相对平均湿度在 80% 以上，多年平均风速 1.8 m/s。

临安区多年平均降雨量 1566.6 mm，降雨量时空分布不均。春夏二季降雨量约占全年降雨量的 70% 左右，暴雨常带来洪涝灾害。秋冬二季气候干燥雨量偏少，常遇伏旱、临安（桥东）、青山水库等雨量站多年实测，最大与最小年降水量比为 (1.79~2.34) : 1，绝对值为 870 mm~1480 mm。

## 1.4 场地条件

### 1.4.1 下垫面分析

临安中心城区下垫面类型各不相同，总体来说，老城区建筑密度高，建筑、路面等不透水地面占的比例较大；新城区按新的城市规划标准建设，建筑密度相对较低，地面硬化程度也相比较老城区低。中心城区建成区现状雨量径流系数约为 0.55，其中老城区约 0.7。青山湖流域管控分区地块现状雨量综合径流系数分布情况如下图所示。

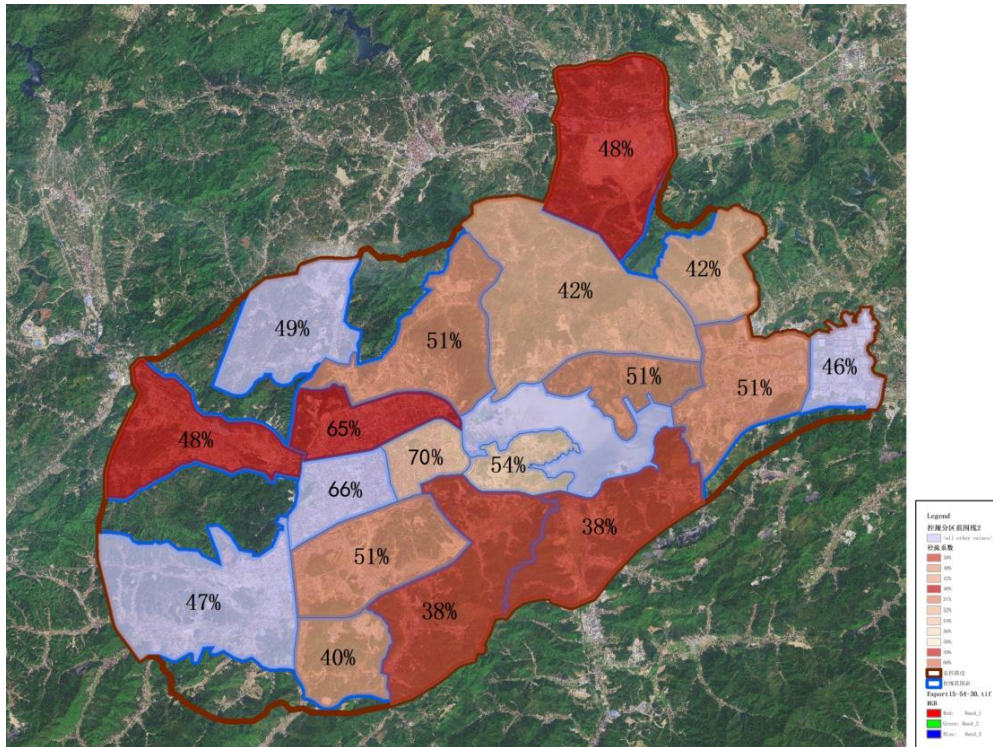


图4 现状雨量综合径流系数分析

#### 1.4.2 竖向分析

参照 1985 国家高程基准，青山湖常水位标高为 23.216 m，20 年一遇水位线为 31.16 m，50 年一遇水位线为 31.54 m。绿道线路高程 100% 都位于常水位线以上，约 65% 位于 20 年一遇水位线以上。

#### 1.4.3 现状水质

青山湖作为水库使用，其岸线并未向公众开放，由于局部过度挖沙、垃圾滥倒，青山湖的水质出现污染，生态安全问题亟待解决。

### 1.5 实施目的和意义

此工程是“还湖于民、环湖与民”造福临安区民的民生工程。

(1) 海绵城市建设是青山湖科技城打造“科技新城、品质新区”实施的必然选择；

(2) 海绵城市建设是青山湖保护与修复自然，改善城市环境的有效途径；

(3) 海绵城市建设是青山湖削减雨水径流污染，缓解城市内涝的推荐举措。

此外，新建后的环湖绿道在汛期可作为应急抢险使用，完善了青山湖水库的水利建设，在非汛期可作为市民骑行散步健身、游览青山湖的主要通道，打破了现状封闭状态，有效地促进农村的资源开发，尤其是旅游资源开发，提升青山湖的知名度，提升旅游业对临安经济发展的贡献率，从而促进区域经济的快速发展。

## 2 问题与需求分析

### 2.1 净化径流污染

考虑到绿道建成后人流活动会增加，面源径流污染风险较高，如何净化雨水水质、削减径流污染是项目需要解决的主要问题。

### 2.2 青山湖水环境保护

青山湖水库覆盖流域范围较广，是雨水主要接纳水体，初期雨水的源头与过程管控对保护青山湖水体水质至关重要。

### 2.3 缓解排涝压力

作为新建项目，应该积极实践海绵城市建设理念，增强径流总量控制，削减径流峰值流量，缓解排涝压力。

## 3 建设目标与设计原则

本项目结合海绵城市建设理念，采用各种 LID 设施组合将“渗”、“滞”、“蓄”、“净”、“用”、“排”的理念融入排水和景观设计中，用以控制地表径流，结合《临安区中心城区海绵城市专项规划》的目标及定位，因地制宜开展系统设计。

### 3.1 设计目标

根据《临安区中心城区海绵城市专项规划》（2017-2030）相关要求，本项目实施雨水管理方案，减少不透水铺装、促进渗透，利用适用的低影响开发措施搭建海绵带系统，具体设计目标如下：

- （1）年径流总量控制率设计目标不低于 78%；
- （2）年径流污染削减率（以 SS 计）设计目标为 40%。

### 3.2 设计原则

#### （1）生态性原则

维持区域范围内的生态完整性，在广泛的景观水平上进行管理，尤其是对植物种类的搭配、植物季节的变化、植物景观层次的塑造上作精心安排；以减少生态环境破碎化和生态环境隔离的影响，确保开发建设的可持续性。

#### （2）低影响开发原则

通过生物滞留池、湿地、透水铺装、梯田等低影响开发设施，实现雨水的渗透、滞蓄与净化，降低项目开发对水文状况的干扰。

#### （3）提高雨水资源利用原则

充分利用绿色设施的净化作用，将净化后的雨水储存后用于项目内景观补水及绿地浇洒用水。



### 3.3 设计依据

本次设计遵循的标准、规范、规程如下：

- (1) 《海绵城市建设技术指南》（试行）（住建城乡建设部 2014.10）
- (2) 《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）
- (3) 《浙江省海绵城市规划设计导则》（2016.12）
- (4) 《临安市域总体规划（2007-2020）》
- (5) 《临安区中心城区海绵城市专项规划》（2017-2030）
- (6) 《青山湖科技城概念性规划及城市设计》
- (7) 《临安市城东综合改造提升工程区块城市设计》
- (8) 《临安市城东滨湖新区重点地段城市设计》
- (9) 《临安高新技术产业园控制性详细规划》
- (10) 《城镇内涝防治技术规范》（GB051222-2017）
- (11) 《室外排水设计规范》（GB 50014-2006）（2016年版）
- (12) 《透水沥青路面技术规程》（CJJ/T 190-2012）

## 4 海绵工程设计

### 4.1 技术路线

综合考虑规划要求、现状排水条件、降雨条件等因素，拟确定控制总量，再根据确定总量及设计原则进行总体设计及细化，具体如图 5。

### 4.2 总体方案设计

#### 4.2.1 功能分区

根据《临安区中心城区海绵城市专项规划》（2017-2030）相关要求，青山湖属于生态保护与生态修复区，如图 6 所示。该区域内下垫面具有较大范围天然水面及坑塘水面或是大范围的绿化的公园，是城市重要集水区，目前为开发程度较低区域。

本片区的海绵城市建设主要探索通过原生态的保护建设海绵城市的路径。通过城市蓝线的科学划定与严格管理，确定自然湿地净损失为零的目标，在开发过程中原生湿地尽可能保留，最大限度的保护原有的河流、湿地、坑塘、沟渠等水生态敏感区，留有足够涵养水源，维持开发前的自然水文特征。

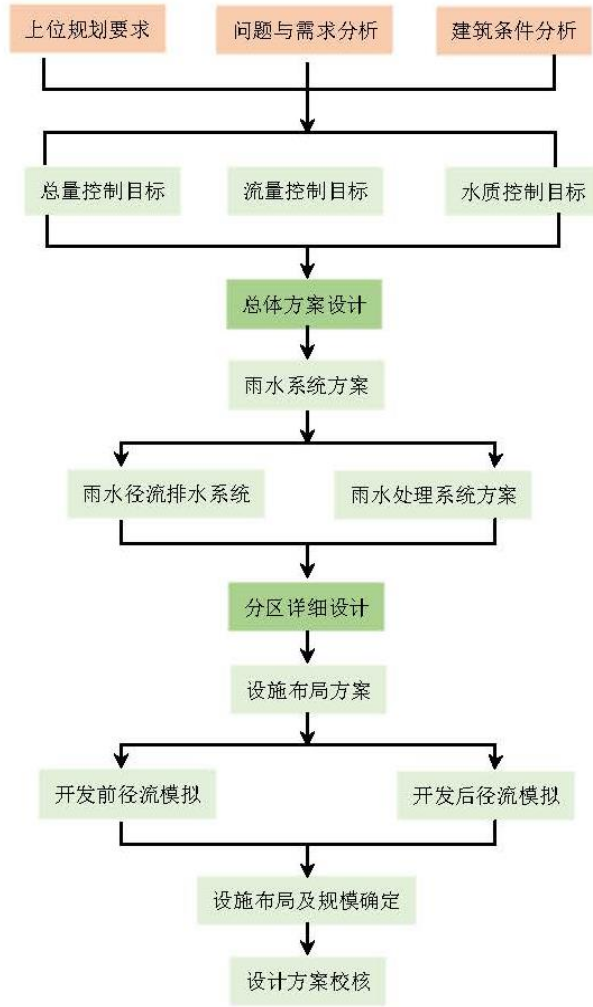


图5 技术路线图

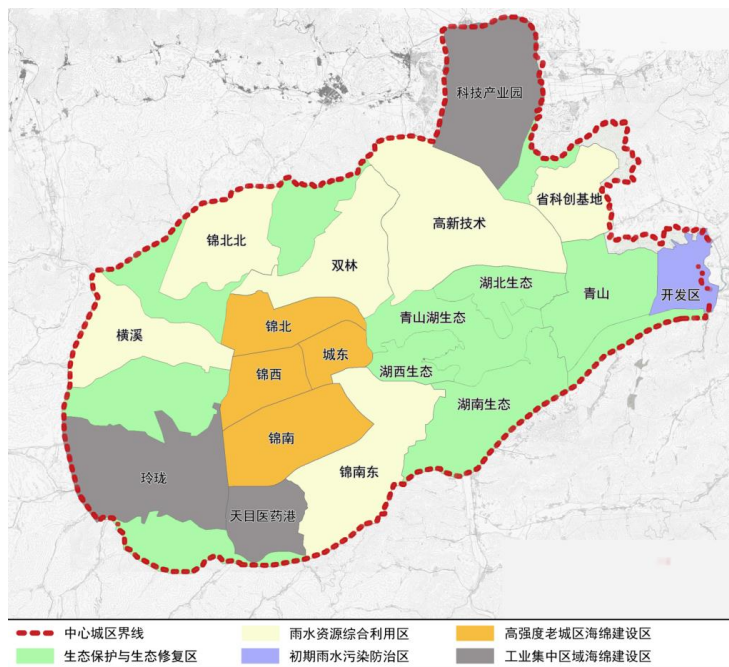


图6 临安区中心城区海绵城市功能分区图

### 4.2.2 生物滞留池

生物滞留池（带）自上而下分别为：景观植被层（蓄水层）、覆盖层、种植土层（现场测试渗透速率为 100 mmh）、砂层、无纺布和砾石层，砾石层设置排水盲管，底层敷设防渗土工膜（如下图所示）。

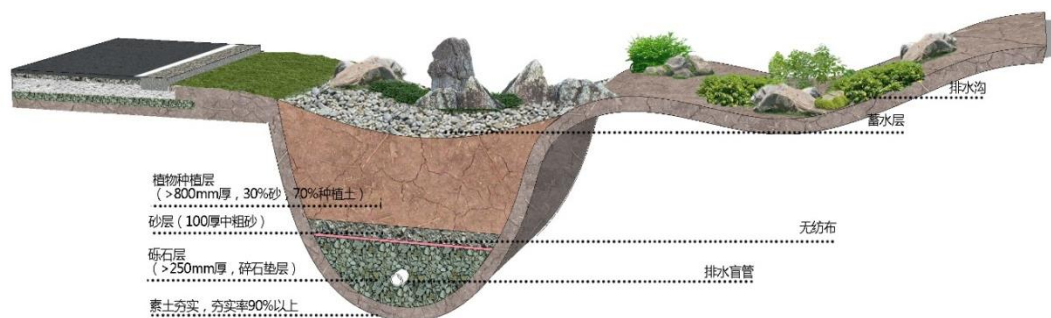


图 7 生物滞留池断面图

结合青山湖生态环境进行植物选配，并优选本地净化能力强、景观效果好和便于维护的植物。生物滞留池植物种植选用半水生植物，如早伞草、千屈菜、再力花矮蒲苇等，如下图所示。



图 8 生物滞留池实景图

### 4.2.3 梯田花溪

梯田花溪内种植高效净化效率的水生植物，雨水沿山麓径流入涵管排入梯田花溪中，受污染的雨水流经梯田花溪，经过多种水生植物层层净化后再排入青山湖，如下图所示。

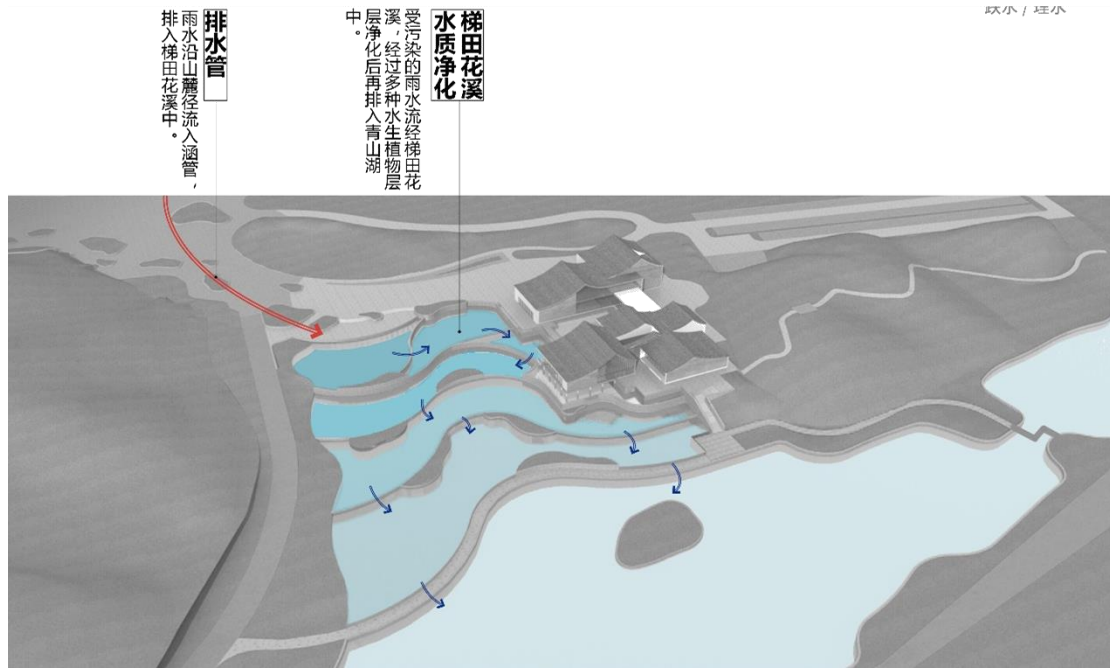


图9 梯田花溪效果图

#### 4.2.4 湿地

湿地是位于陆生生态系统和水生生态系统之间的过渡性地带，在土壤浸泡在水中的特定环境下，具有多种独特功能的生态系统。湿地可以维持生态平衡、保持生物多样性和珍稀物种资源以及涵养水源、蓄洪防旱、降解污染调节气候、补充地下水等方面均起到重要作用，因此享有“地球之肾”的美誉。

为了改善并保证青山湖水库的水体质量，本次设计环湖防汛通道沿线需考虑2个湿地生态恢复重要节点（太阳岛、水上森林）和3个湿地生态恢复一般节点（清水湾、垂钓公园、大坝花园中心）。

#### 4.2.5 透水路面

区域内路面采用透水沥青（详见下图），渗透性能较好，实现雨水下渗、滞留与净化，同时缓解雨水管网的压力。

透水沥青地面是由高黏度改性沥青混合料制成大孔隙蜂窝状沥青路面，在低影响开发雨水系统目标控制中，对径流总量控制、径流峰值和径流污染有一定的控制效果。

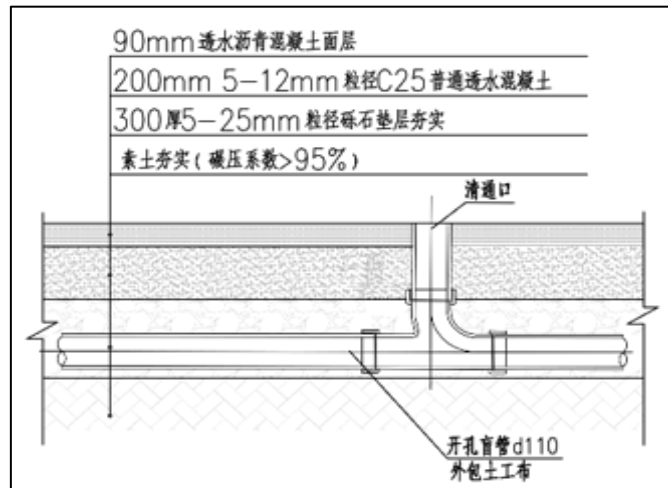


图 10 透水沥青大样图

#### 4.2.6 盲管设计

透水路面均铺设盲管（见图 11），管径为 D110，管材为高密度聚乙烯双壁波纹（HDPE）开槽管。盲管设于铺装下部碎石层中，坡度顺碎石层坡，就近接入附近雨水口（井）。盲管长度超过 40m 时需设置清通口，清通口采用异径三通 DN200×100×100 或异径四通 DN200×100×100×100 配堵头（盖板）的形式。

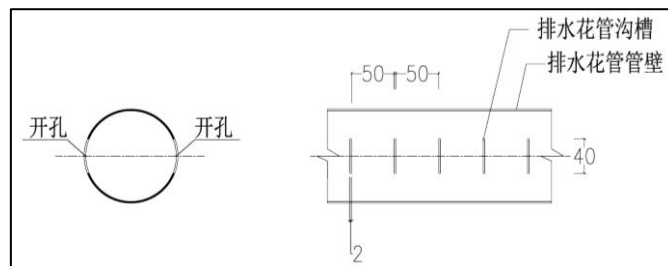


图 11 盲管节点设计图

### 4.3 施工过程与要点

#### 4.3.1 生物滞留池

##### a) 施工过程

开挖沟槽，碎石铺设，盲管敷设，滤料碎石回填，无纺布覆盖，中粗砂垫层，混合料回填植物栽植。

##### b) 关键点

沟槽开挖的截面形状尽量采用倒梯形，这样便于快速收集雨水；混合料要经过多次搅拌，保证混合均匀，拌和好后进行回填，确保既能起到滤水作用又能起到蓄水滞留作用。

##### c) 注意事项

混合填料在回填前做蓄水和滤水实验，确定设计提供的配合比是否合理，以便达到最好的蓄水、滤水效果，保持长期的有效性。

#### 4.3.2 透水路面

##### a) 施工过程

透水路面施工过程包括开挖沟槽、碎石铺设、盲管敷设、透水层铺设等。

##### b) 关键点

盲管铺设于碎石层中，坡度顺碎石层坡，就近接入附近雨水口（井）；盲管开孔孔宽 2 mm，长 40 mm，孔间距 50 mm。

##### c) 注意事项

排水盲管遇树木或设施时，可弯曲偏移，保证接入雨水检查井内。

### 5 建成效果

青山湖绿道分三期进行建设，一期全长 10 km，宽 4 m，已于 2017 年 1 月向公众开放。以望湖单车公园为起点，途经钱锦湿地公园、水上森林、钱王索秀文化广场，至终点大草坪公园。二期全长约 19.81 km，起于一期终点琴山码头，沿平峰山环湖、亭子环湖路，经旧庙、水缘山庄、花园中心、柳庄，终点至新联村。在 2017 年，青山湖绿道已荣获《浙江日报》组织评选的“浙江省十大经典绿道”的称号。

#### 5.1 实景与效果图

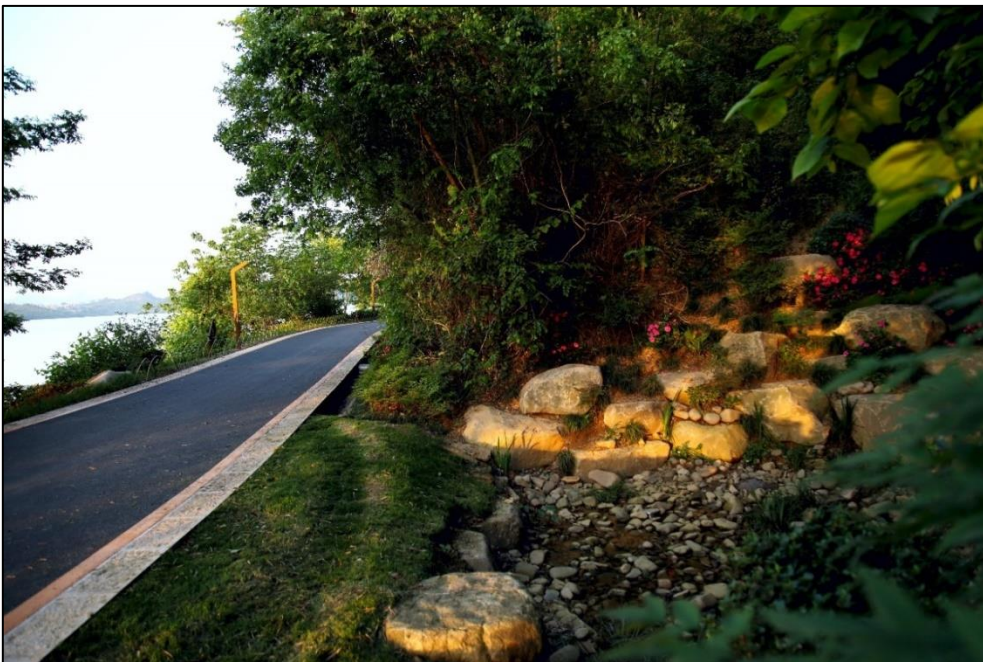


图 12 生物滞留流实景图



图 13 水杉林栈道



图 14 透水沥青道路实景图

## 5.2 工程造价

本项目三期总投资约 3.93 亿元，本项目为带状公园，部分海绵设施例如湿地、梯田花溪等也是符合景观打造的需要，本项目与传统室外工程投资相比差额不大。

在传统景观工程投资的基础上，主要海绵设施单位面积增加的造价为：生物滞留池 287 元/m<sup>2</sup>；项目的海绵设施主要是生物滞留池、湿地、梯田花溪等；以生物滞留池为例，本项目绿化景观单位面积造价约为 150 元/m<sup>2</sup>，采用生物滞留池后单位面积造价约为 437 元/m<sup>2</sup>，单位设施面积造价增加 287 元/m<sup>2</sup>。

## 6 项目总结

### 6.1 项目难点

(1) 绿道的建设，如何更好的保护原青山湖山体、水系、植被，并不破坏环境，真正的“还湖于民，环湖与民”；

(2) 结合现有地势高差，如何将海绵设施很好的设计融入到青山湖环湖绿道内；

(3) 如何依据山体的地形把各功能和内容分布在场内之中，并做出特色；

(4) 如何将海绵设施和环湖路景观更好的相融合；

(5) 由于海绵设施配套的景观植物要求较高，在植物选择上应重视植物抗性以及后期养护管理。

### 6.2 项目设计

绿道建设以“环湖于民、还湖与民”为宗旨，坚持“国内一流、国际领先，打造世纪精品”的高标准定位。一期全长 10 km，宽 4 m，设置 1 个主入口、5 个次入口，2 个重要节点、3 个一般节点。已于 2017 年 1 月向公众开放。以望湖单车公园为起点，途经钱锦湿地公园、水上森林、钱王索秀文化广场，至终点大草坪公园。二期全长约 19.81 km，起于一期终点琴山码头，沿平峰山环湖、亭子环湖路，经旧庙、水缘山庄、花园中心、柳庄，终点至新联村，设置 1 个主入口、3 个重要景观节点、6 个次要景观节点。

### 6.3 项目运维

青山湖国家森林公园环湖绿道一期工程是由杭州市临安区城市建设投资集团有限公司成立的经营公司运维。

青山湖国家森林公园环湖绿道二期工程是采用 PPP 模式，主要由施工单位运维，项目公司有 10 年运维期。

### 6.4 项目成效

(1) 提高防洪排涝能力。

通过竖向的控制和海绵设施的合理布置，综合提升了区域的防洪排涝能力。

(2) 控制年径流总量。

通过各种 LID 设施的组合，将区域年径流总量控制率达到 78% 以上。

(3) 保护原生植被

保护场地的原生植被，注重对于原生植被群落的保护，在维护植物种群关系的基础上，进行植物镶补。对于浙江省特有的珍稀濒危物种细果秤锤树进行了特



别的保护与科普展示。

#### （4）减缓水土流失

通过对于青山湖的岸线生态修复，植被恢复，沿线水土流失等方面明显好转、减弱。利用场地废弃物，降低环境干扰将场地中废弃的漂流木、砖石、抽水井就地利用，将对环境的干扰降到最低。

#### （5）改善了水环境。

雨水径流通过 LID 设施处理后，能够对雨水径流污染进行有效处理，减少径流污染，降低对青山湖污染风险。

### 6.5 示范意义

本项二期三期正处于建设之中，为今后整个青山湖科技城的海绵城市建设提供标准的样板，为整个临安区的海绵城市建设提供指导性参考意见，为全省乃至全国的海绵城市发展提供具有特色的海绵城市建设典型案例。

本项目的海绵城市建设是改扩建项目的海绵城市建设。以满足海绵城市建设及生态优化先的要求为导向，切实解决存在的向题：结合景观地形，充分发挥绿地、透水铺装等 LID 设施对雨水的“渗、滞、净”等作用，提升景观效果，例如梯田花溪、生物滞留池、湿地等设施，景观效果显著。

本项目的海绵城市设计为改扩建区域的海绵建设提供了借鉴；同时青山湖绿道提供了娱乐、社会、文化保护、教育、改善健康等多方面的价值；提升了临安的城市形象，传承了临安的历史文化，为人们提供了运动和交流场所，改善了人们的生活方式，促进社会和谐；且对于完善青山湖水库的水利建设、防汛应急抢险、提倡市民低碳出行、改善临安城市环境、加快青山湖区域发展、提高沿线土地价值有着非常重要的意义。