

珠海市海绵城市规划设计标准与导则

(试行)

珠海市住房和城乡建设局

2017 年 10 月

前言

2016年4月珠海市被确定为国家第二批海绵城市试点城市，这是珠海市委、市政府响应国家相关政策导向，践行自然积存、自然渗透、自然净化的海绵城市理念，全面建设“生态文明新特区，科学发展示范市”和“国际宜居城市”的重大举措。

珠海市规划设计研究院、珠海市城科国际宜居城市研究中心受珠海市住房和城乡建设局委托，根据中央城市工作会议精神和《国务院关于加强城市基础设施建设的意见》（国发〔2013〕36号）、《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）、《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），结合《珠海市人民政府办公室关于印发珠海市海绵城市建设及试点实施方案的通知》、《珠海市人民政府办公室印发关于推进珠海市海绵城市试点区项目建设的若干措施》等文件精神，在系统梳理我市海绵城市系列规划成果，全面总结我市海绵城市试点区域实践经验，并广泛参考国内外有关标准、研究和先进经验的基础上，结合珠海市自然地理、水文地质、规划建设管控特点，并广泛征求相关部门意见，编制了《珠海市海绵城市规划设计标准与导则》（以下简称《标准与导则》）。

本《标准与导则》的主要内容包括：1、总则；2、术语与定义；3、一般规定；4、海绵城市规划设计目标与指标；5、海绵城市规划导则；6、海绵城市设计导则；7、海绵城市规划设计评估方法；8、监测与绩效考核；附录。

本《标准与导则》主管单位：珠海市住房和城乡建设局

本《标准与导则》主编单位：珠海市规划设计研究院、珠海市城科国际宜

居城市研究中心

本《标准与导则》主要起草人员： 占雪晴、李海龙、杨德凭、陈洪洪、卜琳、黄菊、李小静、谢汝芹

本《标准与导则》主要审查人员： 王波、朱玉玺

本《标准与导则》由珠海市住房和城乡建设局负责管理，由珠海市规划设计院、珠海市城科国际宜居城市研究中心负责技术解释。请各单位在使用过程中，总结实践经验，如发现需要修改或补充完善之处，请将意见和建议及时告知。（意见收集邮箱：13600361905@qq.com）

目录

1	总则.....	1
2	术语与定义.....	2
2.1	一般术语	2
2.2	海绵设施技术名词.....	4
3	一般规定.....	7
4	海绵城市规划设计目标与指标.....	9
4.1	总体目标	9
4.2	水安全控制指标	10
4.3	水生态控制指标	11
4.4	水环境控制指标	14
4.5	水资源控制指标	15
4.6	设计计算	16
5	海绵城市规划导则.....	22
5.1	一般规定	22
5.2	海绵城市专项规划(海绵城市建设规划)编制	24
5.3	相关规划编制协调	28
5.4	指标分解	34
6	海绵城市设计导则.....	36
6.1	一般规定	36
6.2	设计流程及内容	38
6.3	建筑与小区	42
6.4	道路	45
6.5	绿地和广场	48
6.6	河湖水系	52
6.7	地表导流	55
6.8	技术类型分类与选型	56
6.9	低影响开发技术设计要点	58
7	海绵城市规划设计评估方法.....	74
7.1	一般规定	74

7.2	年径流总量控制率容积法简易评估	75
7.3	年径流污染去除率简易评估	79
7.4	排水防涝标准评估	79
7.5	雨水资源化利用水平的简易评估	79
8	监测与绩效考核	81
8.1	一般规定	81
8.2	监测系统建设	81
8.3	考核方法	82
8.4	监测平台建设	82
附录一	海绵城市规划设计中的模型应用	84
1.1	模型选取	84
1.2	模型构建	87
附录二	相关参考文献、资料	91
附录三	公开出让建设用地规划条件(增低影响开发规划控制指标)	93
附录四	珠海市现状高程图	97
附录五	珠海市现状坡度图	98
附录六	珠海市水浸黑点分布及其汇水范围一览	99
附录六	典型案例	129
案例一	珠海洪湾港及周边区域控制性详细规划(海绵城市指标分解)	129
案例二	珠海市斗门区藤湖苑(老旧建筑小区改造)	144
案例三	珠海市金湾区龙光御海阳光花园(新建建筑小区)	154
案例四	珠海市横琴新区濠江路样板段(道路)	164
案例五	珠海市横琴新区天沐河防洪景观工程(公园绿地)	176
案例六	河湖水系及生态化岸线改造概述(河湖水系)	184

1 总则

- 1.0.1 为全面贯彻落实国家关于海绵城市建设的相关要求,推进珠海市海绵城市建设,提高珠海市海绵城市建设的科学性、系统性,指导海绵城市相关规划编制、建设项目设计及职能部门管理审查,制订本标准与导则。
- 1.0.2 本标准与导则适用于珠海市各类规划编制以及建筑与小区、道路、绿地与广场、河湖水系等系统新、改、扩建项目的设计。
- 1.0.3 海绵城市建设应坚持规划引领、生态优先、安全为重、因地制宜和统筹建设的原则。
- 1.0.4 海绵城市的各类设施应采取保障公众安全的防护措施。
- 1.0.5 海绵城市规划设计,除满足本标准与导则要求外,还应符合国家和省市现行相关标准、规范和规定。当本标准与导则要求与国家现行标准、规范矛盾时,以国家现行标准、规范为准。
- 1.0.6 随着珠海市海绵城市试点建设的推进和相关工程实践经验的总结,应对本标准与导则内容进一步完善和优化。

2 术语与定义

2.1 一般术语

2.1.1 海绵城市 sponge city

指通过加强城市规划建设管理,充分发挥建筑、道路、绿地和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、自然渗透和自然净化的城市发展方式。

2.1.2 低影响开发 low impact development

指在城市开发建设过程中,通过生态化措施,尽可能维持城市开发建设前后水文特征不变,有效缓解不透水面积增加造成的径流总量、径流峰值与径流污染的增加等对环境造成的不利影响。

2.1.3 年径流总量控制率 volume capture ratio of annual rainfall

指根据多年日降雨量统计分析计算,通过自然和人工强化的入渗、滞留、调蓄和收集回用,场地内累计全年得到控制(不排入规划区域外)及经净化处理后排放的雨水总量占全年总降雨量的比例。

2.1.4 年径流污染去除率 volume capture ratio of annual urban diffuse pollution

年径流污染去除率,以固体悬浮物(TSS)的去除率来近似计算。年悬浮物(TSS)总量去除率等于区域内年径流总量控制率与海绵城市建设设施对悬浮物(TSS)平均去除率的乘积。

2.1.5 雨水资源化利用率 the ratio of rainwater resource utilization

区域系统和建筑与小区系统的雨水资源化利用率指年雨水利用总量占年降雨量的

比例; 绿地系统的雨水资源利用率指绿地系统年雨水利用总量占绿地区域年径流总量的比例。

2.1.6 透水铺装率 **proportion of permeable paving**

透水地面铺装占硬化地面的比例。

2.1.7 超标雨水 **excess storm water runoff**

超出排水管渠设施承载能力的雨水径流。

2.1.8 设计降雨量 **design rainfall depth**

为实现一定的年径流总量控制目标(年径流总量控制率), 用于确定海绵城市建设设施设计规模的降雨量控制值, 一般通过当地多年日降雨资料统计数据获取, 通常用日降雨量(mm)表示。

2.1.9 雨水渗透 **stormwater infiltration**

在降雨期间使雨水分散并被渗透到人工介质内、土壤中或地下, 以增加雨水回补地下水、净化径流和削减径流峰值的措施。

2.1.10 雨水滞留 **stormwater retention**

在降雨期间暂时储存部分雨水, 以增加雨水渗透、蒸发或收集回用的措施。

2.1.11 雨水调蓄 **stormwater detention**

在降雨期间调节和储存部分雨水, 以增加雨水收集回用或削减径流污染、径流峰值的措施。

2.1.12 流量径流系数 **discharge runoff coefficient**

形成高峰流量的历时内产生的径流量与降雨量之比。

2.1.13 雨量径流系数 volumetric runoff coefficient

设定时间内降雨产生的径流总量与总雨量之比。

2.1.14 单位面积控制容积 control volume of unit area

根据规划的低影响开发设施年径流总量控制率(扣除河道与雨水系统削减占比)计算得到的,规划区域单位面积的设计调蓄容积。

2.1.15 土壤渗透系数 permeability coefficient of soil

单位水力坡度下水的稳定渗透速度。

2.2 海绵设施技术名词

2.2.1 绿色屋顶 green roof

又称种植屋面或屋顶绿化,指在高出地面以上,与自然土层不相连接的各类建筑物、构筑物的顶部和天台、露台上由表层植物、覆土层和疏水设施构建的具有一定景观效应的绿化屋面。

2.2.2 下凹式绿地 sunken green belt

低于周边地面或道路的绿地的统称。

2.2.3 雨水花园 rain garden

自然形成或人工挖掘的下凹式绿地,种植灌木、花草,形成小型雨水滞留入渗设施,用于收集来自屋顶或地面的雨水,利用土壤和植物的过滤作用净化雨水,暂时滞留雨水并使之逐渐渗入土壤。

2.2.4 透水铺装 pervious pavement

可渗透、滞留和排放雨水并满足荷载要求和结构强度的铺装结构。根据铺装结构下层是否设置排水盲管,分为半透水铺装和全透水铺装。

2.2.5 生态树池 ecological tree pool

在有铺装的地面上栽种树木时,在树木的周围保留的一块没有铺装且标高低于周边铺装的土地,可吸纳来自步行道、停车场和街道的雨水径流,是下凹式绿地的一种。

2.2.6 植草沟 grass swale

用来收集、输送和净化雨水的表面覆盖植被的明渠,可用于衔接其他海绵城市单项设施、城市雨水管渠和超标雨水径流排放系统。主要型式有转输型植草沟、渗透型的干式植草沟和经常有水的湿式植草沟。

2.2.7 地形改造 topography reform

指在原始地形限定的改造范围内通过设计等高线或控制点高程来改造原有地形的的方式。

2.2.8 雨水湿塘 stormwater wet pond, stormwater wet basin

用来调蓄雨水并具有生态净化功能的天然或人工水塘,雨水是主要补给水源。

2.2.9 人工湿地 constructed wetland

通过模拟天然湿地的结构,以雨水沉淀、过滤、净化和调蓄以及生态景观功能为主,人为建造的由饱和基质、挺水和沉水植物、动物和水体组成的复合体。

2.2.10 生物滞留设施 bioretention system, bioretention cell

通过植物、土壤和微生物系统滞留、渗滤、净化径流雨水的设施。

2.2.11 植被缓冲带 grass buffer

指坡度较缓的植被区,经植被拦截和土壤下渗作用减缓地表径流流速,并去除径流中的污染物。

2.2.12 渗透管渠 infiltration trench

具有渗透和转输功能的雨水管或渠。

2.2.13 浅层调蓄池 shallow stormwater storage tank

采用人工材料在绿地或广场下部浅层空间设置的雨水调蓄设施,可为矩形镂空箱体、半管式、管式等多种结构。

2.2.14 路面边缘排水系统 pavement edge drainage system

沿路面结构外侧边缘设置的排水系统。通常由透水性填料集水沟、纵向排水管、过滤织物等组成的。

2.2.15 生态护岸 ecological slope protection

包括生态挡墙和生态护坡,指采用生态材料修建、能为河湖生境的连续性提供基础条件的河湖岸坡,以及边坡稳定且能防止水流侵袭、淘刷的自然堤岸的统称。

2.2.16 陆域缓冲带 land buffer zone

包括陆生植物群落以及布设在其中的防汛通道、游步道、慢行道、休憩平台、人工湿地、下凹式绿地、植草沟等设施。

2.2.17 雨水断接技术 stormwater indirect connecting technology

通过切断硬化面或建筑雨落管的径流路径,将径流合理连接到绿地等透水区域,通过渗透、调蓄及净化等方式控制径流雨水的方法。

3 一般规定

3.0.1 海绵城市的规划建设应贯彻自然积存、自然渗透、自然净化理念，注重对河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等城市原有生态系统的保护和修复，强调采用低影响的开发模式，综合采取“渗、滞、蓄、净、用、排”等措施，最大限度的减少城市开发建设对生态环境的影响。

3.0.2 海绵城市规划建设应坚持生态为本、自然循环。充分发挥山水林田湖等原始地形地貌对降雨的积存作用，充分发挥植被、土壤等自然下垫面对雨水的渗透作用，充分发挥湿地、水体等对水质的自然净化作用，努力实现城市水文的自然循环。

3.0.3 海绵城市规划建设应坚持规划引领、统筹推进。因地制宜确定海绵城市建设目标和具体指标，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，切实提高城市排水、防涝、防洪和防灾减灾能力。

3.0.4 珠海市海绵城市规划、设计应综合考虑地区排水防涝、水污染防治和雨水资源化利用需求，并以内涝防治和面源污染消减为主、雨水资源化利用为辅。

- 3.0.5 应抓住主要问题而确定建设项目低影响开发设施的设计方案，针对珠海极端降雨大、地下水位高、原状土渗透率低、水环境治理任务重等特点确定“六要素”中“排、净、滞、蓄”相对是重点，“渗”和“用”为其次，但有条件的地区（如近山区域、地下水位较低区域）尽量下渗，通过渗透压咸，以改善土壤及下垫面的生态环境，一般地区“用”为次要目标，但淡水资源缺乏的海岛则以“用”为主。
- 3.0.6 珠海市所有新建、改建、扩建建设项目的规划和设计应包含海绵城市低影响开发的内容。海绵城市低影响开发设施应与主体工程同时规划、同时设计、同时施工、同时使用。
- 3.0.7 低影响开发的各类工程措施之间应有效协同，尽可能多的预留城市绿地空间，增加可渗透地面，积蓄雨水宜就地回用。
- 3.0.8 低影响开发的各类工程措施应与雨水外排设施及市政排水系统合理衔接，不应降低市政雨水排放系统设计标准。
- 3.0.9 低影响开发的各类工程措施应与周边环境相协调，注重其景观效果。
- 3.0.10 低影响开发设施的规划设计应与项目总平面、竖向、园林、建筑、给排水、结构、道路、经济等相关专业相互配合、相互协调，实现综合效益最大化。

4 海绵城市规划设计目标与指标

4.1 总体目标

以建设城乡共美的幸福之城为总体目标，以“水安全、水生态、水环境、水资源”为核心，实现提高城市水安全、修复城市水生态、改善城市水环境、涵养城市水资源”的多重目标，加快建成城市尺度的海绵城市示范城市。

表 4-1 珠海市海绵城市建设核心目标体系

领域	指标名称	指标解释	目标值			指标性质
			现状	2020年	2030年	
水安全	城市排水防涝标准	主要包括雨水管渠设计标准、内涝防治设计标准	分区域区别对待			强制性
	城市防洪(潮)标准	城市防洪(潮)设计标准	分区域区别对待			强制性
水生态	年径流总量控制率	通过自然和人工强化的渗透、集蓄、利用、蒸发、蒸腾等方式，场地内累计全年得到控制（不直接外排）及经净化处理后排放的雨量占全年总降雨量的比例。	-	建成区 20% 面积达到年径流总量控制率 70%	建成区 80% 以上面积达到年径流总量控制率 70%	强制性
	新建城区透水铺装率	新建城区中透水性地面占硬化地面百分比	-	40%	60%	引导性
	水域面积率	规划区域内的河湖、湿地、塘洼等面积与规划区总面积的比例	9.58%	10.12%	12%	引导性
水环境	水功能区水质达标率	江河、湖泊、水库、近海海域等具有使用功能的地表水水域水质达标率	71%	85%	88%	强制性
	年径流污染去除率	区域内年径流总量控制率与海绵城市建设设施对悬浮物(TSS)平均去除率的乘积	-	35%	40%	强制性
	城镇污水收集处理率	集中处理的污水量占所产生污水量的比率	88.5%	95%	95%	引导性
水资源	城市污水	污水再生利用量与污水处理总量	-	20%	25%	引导性

领域	指标名称	指标解释	目标值			指标性质
			现状	2020年	2030年	
	再生利用率	的比率				
	城市雨水资源化利用率	利用一定的集水面收集降水作为水源，经过适宜处理达到一定的水质标准后，通过管道输送或现场使用方式予以利用的水量占降雨总量的比例	-	3%	5%	引导性
	城市公共供水管网漏损率	管网漏水量占供水总量的比例	14%	12%	10%	引导性

4.2 水安全控制指标

4.2.1 排水（雨水）管网设计标准

中心城区（香洲城区、南湾城区）的一般地区及非中心城区采用3年一遇雨水管网设计标准，中心城区重要地区采用5年一遇雨水管网设计标准，地下通道、下沉广场、立交桥采用20年一遇雨水管网设计标准。

4.2.2 城市内涝防治标准

中心城区（香洲城区、南湾城区）和横琴新区能有效应对不低于50年一遇24小时设计暴雨（遇5年一遇外江潮位过程）；科教城（珠海高新区唐家湾主园区）、滨江城（斗门城区）、航空城（金湾城区）、富山城（富山工业园）、海港城（高栏港经济区）及各个中心镇能有效应对不低于30年一遇24小时设计暴雨（遇5年一遇外江潮位过程）。地面积水设计标准：确保居民住宅和工商业建筑物的底层不进水，道路中一条车道的积水深度不超过15cm。

4.2.3 城市防洪（潮）标准

(1) 香洲城区香洲海堤防洪(潮)标准为100年一遇，并用200年一遇水(潮)位校核。

(2) 中珠联围、横琴海堤、白蕉联围、小林联围、乾务赤坎大联围及构筑物防洪(潮)标准为100年一遇,淇澳海堤、竹银联围、大沙联围、上横联围、三沙联围及构筑物等均为50年一遇。

(3) 大门水道、南水沥、十字沥出海口规划新建的挡潮排洪闸按防御100年一遇高潮设计,闸内现有堤防远期将成为内堤,但尚未修建上述水闸前仍将防御外江风潮,担负保护平沙、南水、三灶、红旗等地城镇和大量农田的任务,故亦按防御20年一遇高潮的标准加固。

(4) 水库设计洪水标准为:小(二)型水库20年一遇,小(一)型50年一遇,中型水库100年一遇。

(5) 排洪渠设计标准为50年一遇,截洪沟设计标准为25年一遇。

4.3 水生态控制指标

4.3.1 年径流总量控制率

(1) 年径流总量控制率应在城市总体规划、分区规划、控制性详细规划、修建性详细规划(建筑总图)层面的海绵城市规划中逐层落实,下一级指标的加权平均应满足上一级指标的要求。

(2) 珠海市市域层面(专指建设用地范围)年径流总量控制目标为70%。

(3) 各区(功能区)年径流总量控制率的确定,主要的影响要素如下:

- a) 土地利用现状和规划情况;
- b) 绿地、水系等生态性用地占城市建设用地的比例;
- c) 生态格局建设和保护思路;
- d) 受纳水体环境目标。

(4) 珠海市各区(功能区)的年径流总量控制目标可参照下表取值。

表 4-2 珠海市各区(功能区)雨水年径流总量控制率

序号	范围	年径流总量控制率 (%)	对应的设计降雨 (mm)
1	高新区	70%	28.5

2	香洲城区	68%	26.8
3	南湾城区	65%	24.6
4	横琴新区	73%	31.8
5	斗门区	68%	26.8
6	金湾区	72%	30.7
7	高栏港经济区	70%	28.5

(5) 控制性详细规划层面年径流总量控制目标以所在区(或功能区)海绵城市建设规划为准。尚未编制海绵城市建设规划的,可按表4-2所确定的区(或功能区)总体目标,考虑本底条件、用地性质、新建和改建、地块大小等因素,确定不同性质用地年径流总量控制率。不同类别用地年径流总量控制值可参考下表取值:

表 4-3 不同用地类型年径流总量控制率(新建项目)

序号	用地类型	用地代码	年径流总量控制率 (基准值)	对应的设计降雨 (mm)
1	居住用地	R1, R2	70%	28.5
2	商业服务业设施用地	B	60%	20.7
3	公共管理与公共服务 设施用地、公用设施 用地	A1, A2, A3,A4, A5, A6, A8, A9, U1、U21、U3、 U9	80%	40.5
4	工业用地、物流仓储 用地	M、W1、W2	70%	28.5
5	道路与交通设施用地	S	60%	20.7
6	绿地与广场用地	G1, G2	85%	48.4

注:

a.地块(指市政道路围合的区域,下同)面积 ≥ 3 万 m^2 ,对应年径流总量控制率乘以系数1.1;
1万 $m^2 \leq$ 地块面积 < 3 万 m^2 ,对应年径流总量控制率乘以系数1.0;地块面积 < 1 万 m^2 ,对应年径流总量控制率乘以系数0.9。

b.位于水浸黑点汇水区,对应年径流总量控制率乘以系数1.1。

- c. 直接排入水质目标为Ⅱ类、Ⅲ类江河和近岸海域的汇水区，对应年径流总量控制率乘以系数 1.1。
- d. 若项目地块属于以上两种及以上情况，取其中最大值作为年径流总量控制目标。

表 4-4 不同用地类型年径流总量控制率（改建、扩建项目）

序号	用地类型	用地代码	年径流总量控制率（基准值）	对应的设计降雨（mm）
1	居住用地	R	70%	28.5
2	商业服务业设施用地	B	50%	15.1
3	公共管理与公共服务设施用地、公用设施用地	A1, A2, A3,A4, A5, A6, A8, A9, S3, U1、U21、 U3、U9	70%	28.5
4	工业用地、物流仓储用地	M、W1、W2	60%	20.7
5	道路与交通设施用地	S	50%	15.1
6	绿地与广场用地	G1, G2	85%	48.4

注：

- a. 地块面积 ≥ 3 万 m^2 ，对应年径流总量控制率乘以系数 1.1；1万 $m^2 \leq$ 地块面积 < 3 万 m^2 ，对应年径流总量控制率乘以系数 1.0；地块面积 < 1 万 m^2 ，对应年径流总量控制率乘以系数 0.9。
- b. 位于水浸黑点汇水区域，对应年径流总量控制率乘以系数 1.1。
- c. 直接排入水质目标为Ⅱ类、Ⅲ类江河和近岸海域的汇水区，对应年径流总量控制率乘以系数 1.1。
- d. 若项目地块属于以上两种及以上情况，取其中最大值作为年径流总量控制目标。

(6) 修建性详细规划（建筑总图）应根据控规层面用地大类的年径流总量控制要求落实为具体低影响开发设施的布局面积、调蓄容积等指标。

- 4.3.2 对于城市建成区，在不降低现有水域面积的前提下，应适当加大水域面积率，2020年水域面积率达到3.5%以上（不含外江水域），2030年水域面积率达到4.0%（不含外江水域）（各区各有不同，具体以《珠海市河湖水系低影响开发专项规划》为准）。
- 4.3.3 对于新建城区，自然条件较好的，应提高水域面积率标准，2020年水域面积率达到8%以上（不含外江水域），2030年水域面积率达到10%（不含外江水域）。
- 4.3.4 对于全市而言，2020年水域面积率达到10.12%以上（含外江水域），2030年水域面积率达到12%以上（含外江水域）。
- 4.3.5 保护现有河湖水域空间不被挤占，新建城区河网密度不宜低于 $4\text{km}/\text{km}^2$ （以河宽20m计，折算水面率8%~10%），河网间距宜小于700m。
- 4.3.6 新建河涌、排洪渠、人工湖等在满足防洪安全前提下，应尽量建设生态护岸，现状“三面光”河道、排洪渠等应结合城市更新逐步改造为生态型。

4.4 水环境控制指标

4.4.1 水环境质量标准

- (1) 全市所有自然水体均不得出现黑臭现象。
- (2) 海绵城市建设区域内的河湖水系水质不低于《地表水环境质量标准》IV

类标准，且不得劣于海绵城市建设前的水质。

- (3) II类水环境功能区：黄杨河、磨刀门水道、螺洲溪等，具体详《广东省地表水环境功能区划》，近岸海域按《广东省近岸海域水环境功能区划》执行；
- (4) III类水环境功能区：鸡啼门水道等，具体详《广东省地表水环境功能区划》，近岸海域按《广东省近岸海域水环境功能区划》执行；
- (5) IV类水环境功能区：前山河（市区河道）等，具体详《广东省地表水环境功能区划》，近岸海域按《广东省近岸海域水环境功能区划》执行。

4.4.2 雨水径流污染控制目标

- (1) 直接排入水质目标为II类、III类江河和近岸海域的汇水区，其雨水年径流污染去除率应达到40%（以TSS计，下同）。
- (2) 其他江河、港渠等汇水区，其雨水年径流污染去除率应达到35%。

4.5 水资源控制指标

4.5.1 雨水资源化利用目标

雨水替代传统水源，主要用于景观水体补水、园林绿化浇洒、道路冲洗等，到2020年，雨水资源化利用率达到3%，到2030年，雨水资源化利用率达到5%。

4.5.2 污水再生利用率

2020年珠海市污水再生利用率达到20%，到2030年提高至25%。

4.5.3 管网漏损控制率

2020年珠海市公共供水管网漏损率为 $\leq 12\%$ ，2030年，公共供水管网漏损率控制在10%以内。

4.6 设计计算

4.6.1 设计参数

(1) 雨水年径流总量控制率与设计降雨关系

根据珠海市气象站提供的近 30 年逐日降雨量资料，珠海市雨水年径流总量控制率与设计降雨量的对应关系如图及表所示。

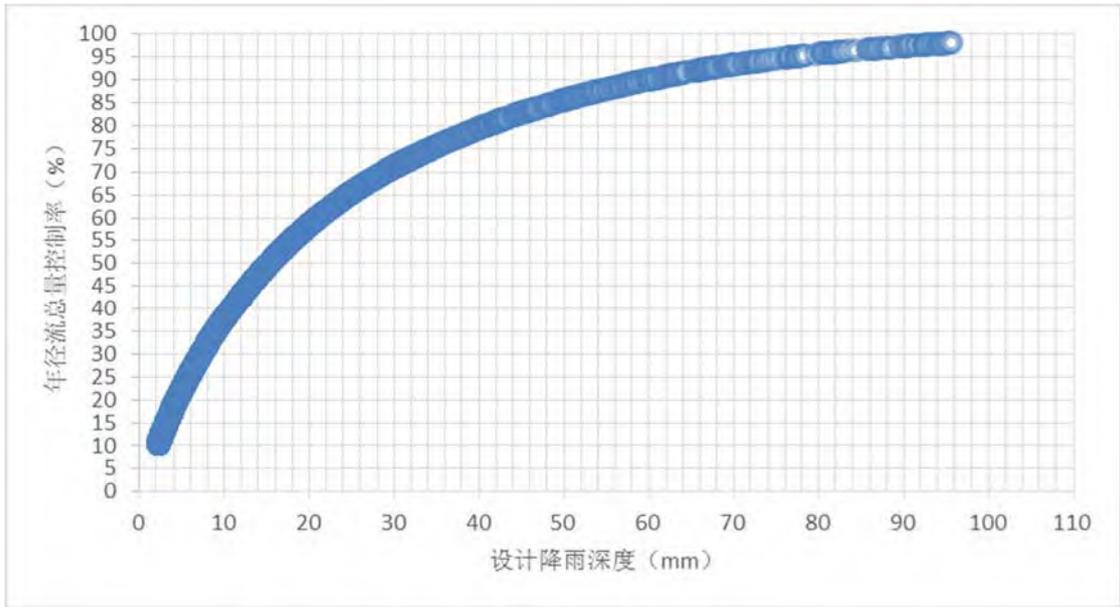


图 4-2 珠海市“雨水年径流总量控制率-设计雨量”曲线

表 4-5 珠海市雨水年径流总量控制率与对应设计降雨量

年径流总量控制率 (%)	60	65	70	75	80	85	90	95
设计降雨量 (mm)	20.7	24.6	28.5	34	40.5	48.4	59.5	76.0

(2) 不同类别用地规划综合雨量径流系数

表 4-6 不同类别规划用地综合雨量径流系数目标 (新建项目)

序号	用地类型	用地代码	综合雨量径流系数
1	居住用地	R1, R2	≤0.55
2	商业服务业设施用地	B	≤0.60
3	公共管理与公共服务	A1, A2, A3,A4, A5, A6, A8,	≤0.50

序号	用地类型	用地代码	综合雨量径流系数
	设施用地、公用设施用地	A9, U1、U21、U3、U9	
4	工业用地、物流仓储用地	M、W1、W2	≤0.60
5	道路与交通设施用地	S	≤0.60
6	绿地与广场用地	G3	≤0.60
7	绿地与广场用地	G1, G2	≤0.30

注：现状改造项目下垫面改造面临诸多实际困难，本导则暂不约束其综合雨量径流系数。

(3) 暴雨强度公式

珠海市暴雨强度公式（2016版）：

$$q = \frac{822.407(1 + 0.776LnP)}{(t + 5.000)^{0.390}}$$

$$Q = q\Psi F$$

式中：

Ψ ——流量径流系数（可参照《室外排水设计规范》GB50014取值）

F——汇水面积（h m²）

Q——设计雨水流量（L/s）

q——设计暴雨强度（L/（s•hm²））

P——设计暴雨重现期（年）

t——降雨历时（min）

$$t = t_1 + t_2$$

t₁——地面集水时间（min），应根据汇水距离、地形坡度和地面种类计算确定，一般采用5~15min

t₂——管渠内雨水流行时间（min）

(4) 土壤及地下水

土壤渗透系数应以实测资料为准,缺乏资料时,可参考下表确定各种土壤层的渗透系数。

表 4-7 各种土壤渗透系数

土壤层	土壤渗透系数 (m/s)
砂土	$>5.83 \times 10^{-5}$
壤质砂土	$1.70 \times 10^{-5} \sim 5.83 \times 10^{-5}$
砂质土壤	$7.20 \times 10^{-6} \sim 1.70 \times 10^{-5}$
壤土	$3.70 \times 10^{-6} \sim 7.20 \times 10^{-6}$
粉质壤土	$1.90 \times 10^{-6} \sim 3.70 \times 10^{-6}$
砂质黏壤土	$1.20 \times 10^{-6} \sim 1.90 \times 10^{-6}$
粘壤土	$6.35 \times 10^{-7} \sim 1.20 \times 10^{-6}$
粉质粘壤土	$4.23 \times 10^{-7} \sim 6.35 \times 10^{-7}$
砂质粘土	$3.53 \times 10^{-7} \sim 4.23 \times 10^{-7}$
粉质粘土	$1.41 \times 10^{-7} \sim 3.53 \times 10^{-7}$
粘土	$3.00 \times 10^{-8} \sim 1.41 \times 10^{-7}$

(5) 各类地表污染负荷值

初期雨水径流污染(也称面源污染),是城市水体一个重要的污染源,一般与城市降雨特性、下垫面特性有密切的关系,一般应以实测数据为准,无实测资料时,可按下表取值。

表 4-8 珠海市各类地表污染负荷预测一览表

下垫面	平均 COD (mg/l)	平均 TSS (mg/l)	平均 TP (mg/l)
屋面、其他非城市建设用地、管理好的公园绿地等	100	100	0.2
居住小区、公园绿地、管理好的学校、科技园区	200	250	0.35

公共建筑、商业区、市政道路	600	750	0.75
城中村、繁忙的市政道路、工业区、汽车修理厂、废物回收站、农贸市场等	800	1000	1.0

4.6.2 以渗透为主要功能的设施规模计算

对于生物滞留设施、渗透塘、渗井等顶部或结构内部有蓄水空间的渗透设施，设施规模应按照以下方法进行计算。对透水铺装等仅以原位下渗为主、顶部无蓄水空间的渗透设施，其基层及垫层空隙虽有一定的蓄水空间，但其蓄水能力受面层或基层渗透性能的影响很大，因此透水铺装可通过参与综合雨量径流系数计算的方式确定其规模。

(1) 渗透设施有效调蓄容积按下式进行计算：

$$V_s = V - W_p$$

式中： V_s ——渗透设施的有效调蓄容积，包括设施顶部和结构内部蓄水空间的容积， m^3 ；

V ——渗透设施进水量， m^3 ，参照“容积法”（见 4.6.3）计算；

W_p ——渗透量， m^3 。

(2) 渗透设施渗透量按下式进行计算

$$W_p = K J A_s t_s$$

式中： W_p ——渗透量， m^3 ；

K ——土壤（原土）渗透系数， m/s ；

J ——水力坡降，一般可取 $J=1$ ；

A_s ——有效渗透面积， m^2 ；

t_s ——渗透时间 s ，指降雨过程中设施的渗透历时，一般可取 2h。

渗透设施的有效渗透面积 A_s 应按下列要求确定：

- 1) 水平渗透面按投影面积计算;
- 2) 竖直渗透面按有效水位高度的 1/2 计算;
- 3) 斜渗透面按有效水位高度的 1/2 所对应的斜面实际面积计算;
- 4) 地下渗透设施的顶面积不计。

4.6.3 以储存为主要功能的设施规模计算

雨水罐、蓄水池、雨水湿塘、雨水湿地等设施以储存为主要功能时,其储存容积应通过“容积法”计算,并通过技术经济分析综合确定。

$$V=10H\varphi F$$

式中: V ——设计调蓄容积, m^3 ;

H ——设计降雨量, mm ;

φ ——雨量径流系数;

F ——汇水面积, hm^2 。

用于合流制排水系统的径流污染控制时,雨水调蓄池的有效容积可参照《室外排水设计规范》(GB50014)进行计算。

4.6.4 以调节为主要功能的设施规模计算

调节塘、调节池等调节设施,以及以径流峰值调节为目标进行设计的蓄水池、雨水湿塘、雨水湿地等设施的容积应根据雨水管渠系统设计标准、下游雨水管道负荷(设计过流流量)及入流、出流流量过程线,经技术经济分析合理确定,调节设施容积按下式进行计算。

$$V=Max\left[\int_0^T(Q_{in}-Q_{out})dt\right]$$

式中: V ——调节设施容积, m^3 ;

Q_{in} ——调节设施的入流流量, m^3/s ;

Q_{out} ——调节设施的出流流量, m^3/s ;

t ——计算步长, s ;

T ——计算降雨历时, s 。

4.6.5 以转输为主要功能的设施规模计算

$$Q = \psi q F$$

式中: Q ——雨水设计流量, L/s ;

ψ ——流量径流系数;

q ——设计暴雨强度, $L/(s \cdot hm^2)$;

F ——汇水面积, hm^2 。

城市雨水管渠系统设计重现期的取值及雨水设计流量的计算等还应符合《室外排水设计规范》(GB50014)的有关规定。

5 海绵城市规划导则

5.1 一般规定

- 5.1.1 海绵城市建设理念及规划要求应贯穿于城市总体规划、专项规划、控制性详细规划和修建性详细规划（建筑总图）的全过程，并应安排专门的海绵城市建设相关研究和规划内容。
- 5.1.2 应根据珠海市实际需要，各区（功能区）单独编制海绵城市建设规划。
- 5.1.3 海绵城市规划控制目标应结合珠海市气候、水文、水环境、地质条件等特点，兼顾径流总量、径流峰值、径流污染、雨水资源化等合理确定。万山海岛宜结合自然地理状况、规划建设情况单独制定海绵城市建设目标及分类控制目标。
- 5.1.4 应统筹协调规划、国土、排水、道路、交通、园林、水文等职能部门，在相关规划的编制过程中落实珠海市海绵城市的建设内容。
- 5.1.5 各层级规划管控指标体系互动反馈，最终落实到具体地块控制指标中。

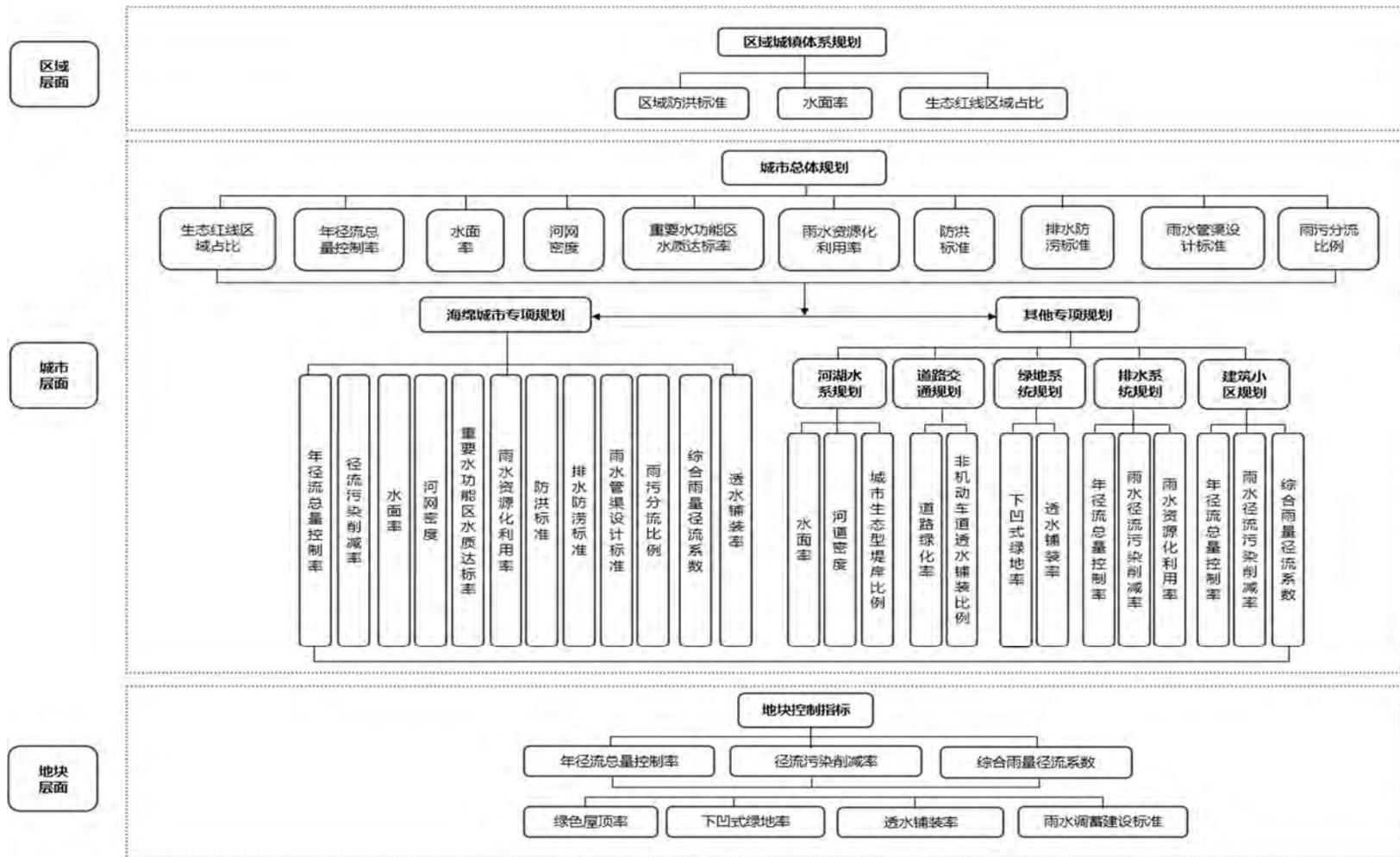


图 5-1 海绵城市规划管控指标体系

5.2 海绵城市专项规划（海绵城市建设规划）编制

5.2.1 编制要求

海绵城市专项规划是海绵城市建设的重要依据,是协调、优化和衔接各相关规划、实现海绵城市建设目标的重要手段。规划编制应从城市综合建设条件出发,协调相关专项规划,确定海绵城市建设总体目标,划分海绵城市建设管理分区,合理制定海绵城市建设控制指标并按建设管理分区进行分解,明确部门分工,加强协作,完善海绵城市建设管理机制。

5.2.2 编制大纲

(1) 概述

包括规划背景、城市概况、上位规划概要、相关专项规划概要。

(2) 现状条件与问题及需求分析

1) 基础特征分析

包括对降雨、城市下垫面(不透水面积的空间分布)、城市面源污染、合流制及其污染、土壤、生态本底、地下水、城市开发前水文特征分析(产汇流,降雨平衡)等的分析。

2) 问题识别与需求分析

从水生态、水环境、水资源、水安全等方面开展问题与需求分析。

(3) 规划总则

包括规划依据、规划原则、规划范围及期限、规划总体目标、技术路线。

(4) 海绵系统规划

包括海绵城市空间格局构建,水安全、水生态、水环境、水资源及海绵设施选择。

(5) 海绵城市单元控制

包括海绵城市建设管控分区划分、目标分解、建设指引、工程设施。

(6) 分期建设规划

包括近期建设重点、分期建设要求。

(7) 近期建设详细规划

包括近期建设方案、相关基础设施、单元建设指引，对新建区、扩建区的海绵城市建设分类引导要求和措施。

(8) 近期建设与投资估算

(9) 规划目标可达性分析

(10) 规划实施保障措施

(11) 图纸成果

包括现状图、海绵城市自然生态空间格局图、建设分区图、建设管控图、相关设施布局图、近期建设规划图。

5.2.3 技术要点

(1) 综合分析海绵城市建设现状条件

主要包括流域和城市的现状分析。流域现状分析应包括流域地形地貌、气候条件、降雨特征、水文地质、水安全、水资源、水环境、水生态状况、汇水区以及受纳环境(包括开放的水系空间、湿地和湖泊水体等)、重要的生态功能区等情况分析;城市现状分析应分析用地现状、城市供水设施、排水防涝设施、水利设施、雨水调蓄利用设施、绿化建设、水体水质、排水口分布及形式、水源地分布、现有海绵设施等,明确相关已获批的规划要求。

（2） 分析现状存在主要问题

在现状分析的基础上识别城市水资源、水环境、水生态、水安全等方面存在的问题，评价海绵城市建设存在的不足，明确海绵城市建设需求。

（3） 确定海绵城市建设目标和具体指标

结合现状和建设需求分析，确定海绵城市建设目标，合理选择径流总量控制、径流峰值控制、雨水资源化利用、重要水功能区水质达标率、河网密度、城市污水再生利用率等控制指标，明确近、远期要达到海绵城市要求的面积和比例，参照住房和城乡建设部发布的《海绵城市建设绩效评价与考核办法（试行）》，提出海绵城市建设的指标体系。

（4） 提出海绵城市建设的总体思路

依据海绵城市建设目标，针对现状问题，因地制宜确定海绵城市系统建设方案，从“水安全、水生态、水环境、水资源”等方面入手，区域、城市、地块“大、中、小”海绵相结合，将低影响开发雨水系统、雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统统一考虑，注重“大海绵、大空间、大管理、大控制”，进一步落实具体的海绵城市建设工程中，构建从源头到过程、末端的海绵城市建设系统方案。老城区以问题为导向，重点解决城市内涝、雨水收集利用、黑臭水体治理等问题；城市新区、各类园区、成片开发区以目标为导向，优先保护自然生态本底，合理控制开发强度。

（5） 构建自然生态格局

明确需要保护的、具有水源涵养、水土保持功能的山体、丘陵、林地以及具有行洪、排水、调蓄功能的河道、湖泊、水库、湿地及滞洪区，构建“山、水、林、田、湖”自然空间格局，明确保护与修复要求。

（6） 提出城市相关基础设施建设要求

针对内涝积水、水体黑臭、河湖水系生态功能受损等问题，综合采取源头减排、过程控制、系统治理的措施，提出解决问题的策略，明确城市排水防涝、合流制溢流污染控制、雨水调蓄等设施的建设和河湖水系的生态修复要求，提出系

统的监测方案。

（7） 划分海绵城市建设管控分区

根据流域限制性条件，如汇水分区、城市用地特征差异、洪水风险、受纳水体生态、径流污染及雨水资源化利用需求等划分海绵城市建设管理分区，将年径流总量控制率和年径流污染去除率等指标分解落实到各管理分区，提出建设指引。全市层面的海绵城市专项规划应落实海绵城市建设管控要求；各区（功能区）海绵城市建设规划应将雨水年径流总量控制目标分解至各个建设地块，并提出管控要求。

（8） 提出相关专项规划协调要求

提出与城市总体规划中用地布局协调内容，确定公共海绵空间布局，明确与城市道路、排水防涝、绿地、水系统等相关规划衔接完善的内容。

（9） 优选适宜技术

结合土壤特性、气候水文特征、景观需求、维护管理等特点及技术经济分析，按照因地制宜和经济高效的原则选择适宜技术及其组合。

（10） 建设项目要求

将各项建设任务分解到具体建设项目，确定建设要求、期限、建设时序，测算工程规模和投资安排。

（11） 近期建设与投资估算要求

结合近期建设计划，确定海绵城市近期建设重点和实施时序，与既有项目相结合确定近期实施的重点项目，并进行投资估算。

（12） 实施保障

提出海绵城市规划、建设和运营管理方面的管理制度和机制建设要求，包括组织领导、规划设计、施工管理、运营维护、监测评估、投融资机制保障和绩效考核等相关制度措施。

5.3 相关规划编制协调

5.3.1 城市总体规划

（1）编制要求

1) 城市总体规划应从战略高度明确海绵城市建设的思路和目标，在城市总体规划编制或修编时开展海绵城市建设的相关专题研究，并将其研究成果系统地融入到城市总体规划的目标、指标、空间布局以及城市排水、水系、道路交通、绿地系统、生态环境保护等相关专业规划内容中。

2) 明确低影响开发策略和重点建设区域。应根据城市的水文地质条件、用地性质、功能布局及近远期发展目标，综合经济发展水平等其他因素提出城市低影响开发策略及重点建设区域，并明确重点建设区域的年径流总量控制率等目标。

（2）技术要点

应遵循“以水定城、以水定产、以水定人、以水定地”的原则，从海绵城市建设角度合理确定城市发展规模，布局城市建设用地，保护自然生态空间。

1) 规划目标内容应明确城市年径流总量控制率、年径流污染去除率、水面率、河网密度、雨水资源化利用率等指标。

2) 用地布局规划内容应结合珠海市生态廊道、大型生态斑块、生态节点，明确禁建区与限建区，明确对生态敏感区、河流水域、林地等自然基底的保护，明确公共海绵空间布局，明确对水生态敏感区的自然基底保护，城市建设用地应尽可能避开河湖、坑塘、沟渠和低洼地，控制城市不透水地面面积。

3) 生态环境保护与资源利用规划内容应充分利用生态空间构建城市生态安全格局，预控城市生态廊道，明确面源污染防治措施，提出合流制溢流污染控制设施的布局要求，提出雨水利用要求。

4) 绿地系统规划内容应明确公园绿地和防护绿地的海绵城市建设要求。

5) 城市水系规划内容应与海绵城市雨水系统相衔接，对防洪水系还应在明确其行洪功能的同时提升生态功能。

6) 排水、防涝规划内容应在城市内部预控自然调蓄空间, 优先利用城市湖泊、绿地、空地等自然生态空间滞蓄超标雨水, 明确城市涝水行泄通道, 统筹布局泄洪通道和蓄滞场所, 构建城市建成区内外协调的防洪排涝工程体系。在污水处理厂的规模安排中充分考虑城市面源污染治理的需求, 尤其是雨水径流污染治理的需求, 并在污水处理厂的用地需求中予以落实, 明确海绵设施与污水管网的协调等要求。

7) 绿线、蓝线规划应明确重要自然保护空间、河湖水系的保护要求。

5.3.2 控制性详细规划

(1) 编制要求

控制性详细规划应结合珠海市地方特点, 分解、细化并落实总体规划、海绵城市专项规划(海绵城市建设规划)及相关专业规划中提出的海绵城市建设目标、指标及措施要求。

(2) 技术要点

1) 规划控制目标

在城市总体规划、海绵城市专项规划(海绵城市建设规划)及相关专项规划的指导下, 根据城市控制性详细规划中城市用地分类的比例和特点, 将年径流总量控制率、年径流污染去除率作为约束性指标, 可视情况增加绿色屋顶率、透水铺装率、下凹式绿地率等引导性指标。

2) 规划控制要求

①统筹协调规划范围内地块、道路、绿地、水系等布局和竖向控制, 引导地表径流有组织地汇入周边绿地、收集系统和受纳水体, 合理控制地表径流。

②明确雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统建设要求, 因地制宜布设径流污染控制设施。

③地下空间开发应考虑海绵城市建设需求, 在满足地下空间功能所需面积的前提下, 应尽量保留海绵设施对于雨水径流入渗的地下空间。

3) 设施布局要求

根据各地块特点及海绵城市建设控制指标，设计落实渗、滞、蓄、净、用、排等用途的海绵设施用地，有效衔接不同海绵设施，合理确定海绵设施类型及规模，对海绵设施建设用地予以控制。

5.3.3 修建性详细规划（建筑总图）

（1）编制要求

修建性详细规划（建筑总图）应细化、落实控制性详细规划及其他上位规划中的海绵城市控制指标，重点考虑地形、竖向、土壤、岩层、地下水位、地下空间、汇水、排水、下垫面、建筑形态、屋面其他功能、容积率、功能区划等，采取有利于促进建筑与环境协调的设计方案，通过对场地平面布局和竖向的设计，采用水文、水力计算或模型模拟等技术手段，落实和细化控制性详细规划中海绵城市建设相关指标对应的设施类型、布局和规模。

（2）技术要点

1) 规划目标要求

按照控制性详细规划的约束条件，道路、绿地、排水、建筑、结构等相关专业相互配合，细化落实上位规划的海绵城市控制目标和指标，并与城市道路、园林景观、内涝防治、环境保护等专项规划相协调。

2) 场地设计要求

因地制宜，考虑场地地形、用地类型的差异，结合内涝风险控制和市政基础设施的衔接，通过水文计算或模型分析，确定场地内海绵设施布局和规模。

3) 规划设计成果

成果宜包括场地总平面及竖向、基础设施平面图（包括场地雨水系统等海绵设施）及设施清单。

5.3.4 其他专项规划

各类专项规划应落实、深化海绵城市建设的各项目标和控制指标,结合珠海特征,在海绵城市建设理念指导下系统布局、协调安排,有效落实各项规划管控要求。

(1) 城市水系规划

1) 规划目标要求

城市水系规划应明确水面率、河网密度、水功能区水质达标率、生态护岸比例等目标,并与城市总体规划和海绵城市专项规划的目标相衔接。结合珠海市水生态文明城市建设试点目标,对新建区河湖岸边陆域缓冲带比例、城市防洪达标率、集中式饮用水源水质达标率等建设指标进行优化。

2) 编制技术要点

调查研究城市水系历史变迁过程,梳理水系与排水系统的关系,提出水系保护和管理控制要求。

① 注重对自然水系的保护和受破坏水系的修复,提出城市河湖水系布局及水系改造要求,有条件的地区逐步恢复已破坏的水系和生态功能,保持城市水系结构的完整性;

② 划定水生态敏感区范围,明确河湖、湿地、沟渠、洼地等自然河湖水域用途管控及其主要指标,划定受保护水体的边界;

③ 优化调整水域、岸线、滨水区及周边绿地布局及空间规模,明确滨水空间的绿化控制线、建筑控制线等,建设植被缓冲带,根据河湖水系汇水范围,同步优化、调整蓝线周边绿地系统布局及空间规模。

④ 加强对城市坑塘、河湖、湿地等水体自然形态的保护和恢复,提高河道自净能力,逐步改善水环境质量。

⑤ 加强河道系统整治,以实现河湖水系的自然连通为导向,完善水系间连通的方案,构建河湖水系连通格局;重塑健康自然的弯曲河岸线,恢复自然深潭浅滩和泛洪漫滩,实施生态修复,营造多样性生物生存环境。

(2) 城市绿地系统规划

1) 规划目标要求

绿地系统规划应根据海绵城市建设目标,提出下凹式绿地、透水铺装等指标控制要求,与城市总体规划和海绵城市专项规划的目标相衔接。结合珠海区域特点,在满足绿地生态、景观等功能前提下,合理地预留或创造空间条件,对绿地自身及周边硬化区域的径流进行渗透、调蓄、净化。

2) 编制技术要点

根据海绵城市专项规划,落实相关雨水管控要求。

① 城市绿地应结合绿地功能、布局及汇水面积,合理确定城市绿地系统海绵设施的规模和布局。绿地系统布局应充分与城市自然水道的保护、面源污染削减的要求等相协调。

② 明确绿地系统与水系的协调要求,提出公园绿地、生产绿地、防护绿地、附属绿地等不同类型绿地的海绵设施建设要求。公园绿地应降低地表硬质铺装比例。

③ 明确绿地周边汇水区域汇入水量,结合周边区域径流控制及超标雨水消纳需要,明确相关控制设施和消纳设施的规模及布局,提出雨水预处理、溢流衔接等保障措施,满足周边雨水汇入绿地进行调蓄自净的要求。

④ 提出适宜的树种选择和相关技术要求,满足海绵功能和景观需求。

(3) 城市排水防涝系统规划

1) 规划目标要求

城市排水防涝系统规划应结合珠海实际排水条件和排涝状况明确年径流总量目标和指标,与城市总体规划和海绵城市专项规划的目标、指标相衔接。

2) 编制技术要点

分析海绵设施对城市雨水管渠负荷的影响,优化海绵设施的平面布局与竖向设计,加强面源污染控制,提出源头雨水控制系统、城市雨水管渠系统及超标雨

水排放系统的有效衔接措施。

① 明确城市低洼易涝等特殊区域的海绵城市建设措施，并衔接内涝防治设施间的平面布局和竖向，保障城市雨洪控制的安全。

② 利用城市绿地、广场、道路等公共开放空间，在满足各类设施主导功能的基础上构建雨水蓄排系统，协调径流污染控制目标、防治方式与排水系统调度运行的关系。

③ 以污染物总量控制为目标，分析合流制系统溢流规律，提出提高截流倍数、减少溢流频次等减少溢流污染的措施，并加强雨水收集排放系统与污水收集处理系统的有效衔接。协调雨水资源化利用目标及利用方式。

(4) 城市道路交通系统规划

1) 规划目标要求

道路交通规划应在满足道路交通安全等功能的基础上，提出各等级道路海绵城市控制目标，并与城市总体规划和海绵城市专项规划的目标相衔接。

2) 编制技术要点

注重珠海城市道路的交通需求特点，在保障交通安全和通行能力的前提下，协调道路红线内外用地空间布局与竖向，尽可能通过道路横、纵断面设计，充分考虑承接道路雨水汇入的功能，通过建设下凹式绿地、生态树池、透水铺装等海绵设施，充分蓄滞和净化道路雨水径流。

① 明确主要城市道路海绵城市建设设施的基本选型及布局，明确道路设施、场站设施、停车场等海绵城市建设控制要求，提出道路交通海绵设施的工程建设指引。

② 对于排涝压力大的区域，道路规划应与排水防涝规划相结合，充分考虑道路安全和涝水行泄时风险控制，可选择部分道路作为临时行泄通道。

③ 因条件限制，在道路红线内不能实现海绵城市控制目标的城市道路，应结合道路两侧公共绿地的布局设置相应的海绵设施。

5.4 指标分解

5.4.1 分区管控指标分解指引

(1) 根据《海绵城市建设技术指南—低影响开发雨水系统构建》分区要求,同时考虑水生态、水安全、水环境和水资源的需求,明确和优化市(区)年径流总量控制目标的取值区间。年径流总量控制总目标一般在城市总体规划或海绵城市总体规划(或海绵城市专项规划)中确定。

(2) 明确各排水分区的年径流总量控制目标,完成对市(区)年径流总量控制总目标的分解,第一级分解纳入分区规划或海绵城市专项规划。各排水分区年径流总量控制目标值根据自然本底条件、区域规划定位、地类开发强度、周边相邻设施、接纳水体水质保护需求等因素确定。

(3) 明确各控规编制单元年径流总量控制目标,完成对街区(指市政道路围合的区域,下同)和城市道路年径流总量控制目标的分解,第二级分解纳入控制性详细规划。道路和街区年径流总量控制率目标根据用地分类和建设情况分类确定,包含一种以上用地类型的街区还需对街区内各类用地年径流总量控制率进行加权。为增强街区和城市道路控制目标的科学性和合理性,可考虑对内涝风险性和实施条件等因素进行调整优化,如提高内涝中高风险区的目标取值,降低绿化比例小的道路的目标取值等。

(4) 明确宗地的年径流总量控制目标,完成街区和道路的年径流总量控制目标的分解和各项低影响开发设施的具体布局,第三级分解纳入修建性详细规划(建筑总图)阶段。宗地年径流总量控制目标可直接纳入用地的规划设计条件,直接指导设计和施工。

(5) 宜在每一级分解中对上一层控制目标进行复核,如复核不达标,应对本层控制目标进行调整,直至达标为止。

5.4.2 控制目标分解方法

(1) 确定城市总体规划阶段提出的年径流总量控制率目标。

(2) 根据城市控制性详细规划阶段提出的各地块绿地率、建筑密度等规划控制指标,初步提出各地块的低影响开发控制指标,可采用下凹式绿地率及其下沉深度、透水铺装率、绿色屋顶率、其他调蓄容积等单项或组合控制指标。

(3) 计算各地块低影响开发设施的总调蓄容积。

(4) 计算各地块的综合雨量径流系数,结合设施的总调蓄容积,确定各地块低影响开发雨水系统的设计降雨量。

(5) 根据年径流总量控制率与设计降雨量的关系,确定各地块低影响开发雨水系统的年径流总量控制率。

(6) 各地块低影响开发雨水系统的年径流总量控制率经汇水面积与各地块综合雨量径流系数的乘积加权平均,得到城市规划范围低影响开发雨水系统的年径流总量控制率。

(7) 重复(2)-(6),直到满足城市总体规划阶段提出的年径流总量控制率目标要求,最终得到各地块的低影响开发设施的总调蓄容积,以及对应的下凹式绿地率及其下沉深度、透水铺装率、绿色屋顶率、其他调蓄容积等单项或组合控制指标,并将各地块中低影响开发设施的总调蓄容积换算为“单位面积控制容积”作为综合控制指标。

其中, 下凹式绿地率=下凹式绿地面积/绿地总面积

下沉深度指下凹式绿地低于周边铺砌地面或道路的平均深度

透水铺装率=透水铺装面积/硬化地面总面积

绿色屋顶率=绿色屋顶面积/建筑屋顶总面积

特别注意, 计算过程中的调蓄容积不包括用于削减峰值流量的调节容积。

(8) 对于径流总量大、红线内绿地及其他调蓄空间不足的用地,需统筹周边用地内的调蓄空间共同承担其径流总量控制目标时(如城市绿地用于消纳周边道路和地块内径流雨水),可将相关用地作为一个整体,并参照以上方法计算相关用地整体的年径流总量控制率后,参与后续计算。

6 海绵城市设计导则

6.1 一般规定

6.1.1 海绵城市的设计目标应满足控制性规划及修建性详细规划(建筑总图)提出的控制目标与指标要求。

6.1.2 海绵城市的设计,应从系统研究出发,统筹考虑城市建设与城市水安全、水环境、水资源、水生态的关系进行总体设计,科学指导建筑与小区、道路、绿地与广场及城市水系的海绵设计,避免海绵城市的碎片化建设。

6.1.3 符合规划设计标准与准则适用范围的建设项目在方案设计、施工图设计等工程设计阶段应开展的低影响开发设施的分项设计。

6.1.4 结合珠海市丘陵、平原、河网区、滨海区、海岛等不同区域的控制目标、自然地理条件、水系特征、土地利用条件等综合因素及技术经济分析,按照因地制宜和经济高效的原则确定建设项目的、布局方案和选择措施。

6.1.5 河网区域首先应对河网进行保护以保证水面率,利用竖向地势和高程,合理设计地表导流措施。

- 6.1.6 在项目设计阶段，应采取源头控制非工程技术指导场地用地规划、布局及竖向设计，减少直接与雨水口相连的不透水面积，增加雨水下渗量。非工程技术包括保护场地内原有自然下垫面和排水通道、不透水面积最小化和采用断接技术、合理规划绿色生态设施等透水区域。
- 6.1.7 城市或区域内涝防治系统应综合考虑源头控制、传统排水管渠及超标雨水排放通道系统的排水能力，进行科学的系统规划和组合应用，优先采用源头控制系统控制雨水径流。
- 6.1.8 针对新建区域，应结合内涝防治和水环境治理，构建以城市沟渠、雨水排水管渠和河渠系统组成的新型城市雨水排水系统。。
- 6.1.9 应在保证实现设计的雨水控制利用的目标的同时，充分发挥设施与周围景观相结合，形成整体一致的景观效果。
- 6.1.10 海绵城市建设项目的的设计应与相关的园林、景观、建筑、给排水、道路和经济等多专业相互协调，采取最佳的雨水源头控制方案。
- 6.1.11 在满足总体控制率目标的要求下，因地制宜地规划和选择低影响开发措施，减小因场地开发造成的不利影响，充分发挥低影响开发措施在控制雨水径流总量、径流污染方面的作用。

6.1.12 实施海绵城市措施的场地应获得详细的初始勘察资料,包括土壤组成、土地利用情况、汇水区域等高线、土壤水平及垂直渗透系数、地下水位及岩石条件、场地现有排水出口特征、历史洪涝灾害记录等。

6.1.13 建设项目分类低影响开发雨水综合系统设施设计要点按不同用地性质分类制定,应按设计要点进行深化设计。用地分类遵循《珠海市城市规划技术标准与准则》中的规定。

6.1.14 垃圾填埋场、危险废物和化学品的储存和处置地点、污染严重的重工业场地等区域,为避免径流污染地下水,严禁采用具有渗透功能的设施。

6.2 设计流程及内容

6.2.1 设计流程

新建、改建、扩建项目在设计阶段应首先对用地布局和竖向进行优化设计。应根据场地地形进行子汇水区划分,根据上位规划确定的设计标准对应的控制降雨量、用地规划计算或水文模型模拟确定源头控制的设计容积后,通过技术可行性分析考虑限制因素,依次优先选择单项或组合的源头滞蓄、中途转输及末端调蓄措施,确定雨水设施总体布局方案,最后进行工程量及投资估算。设计的基本要求如下:

(1) 在设计过程中,首先根据年径流总量控制率目标明确设定径流减排体积的设计目标,其次要对设计方案的合理性进行评价,合理选择源头措施,若存在场地内未能控制的径流体积可以考虑利用场地外围的空间减排措施进行雨水控制。

(2) 分析场地采用低影响的适宜条件,并且文字记录具体的场地限制条件,以便根据各项措施的限制条件和设计参数合理选择措施。

(3) 原则上采用任意合适的低影响措施或其组合,通过可行的技术最大程度上实现设计目标即可。

(4) 低影响措施应与市政排水设施和城市空间景观相衔接。

(5) 完成设计之前要进行成本估算,以控制项目的实际成本,优先采用下凹绿地、透水铺装、生物滞留等成本较低的措施,其次考虑绿色屋顶等成本高的措施。

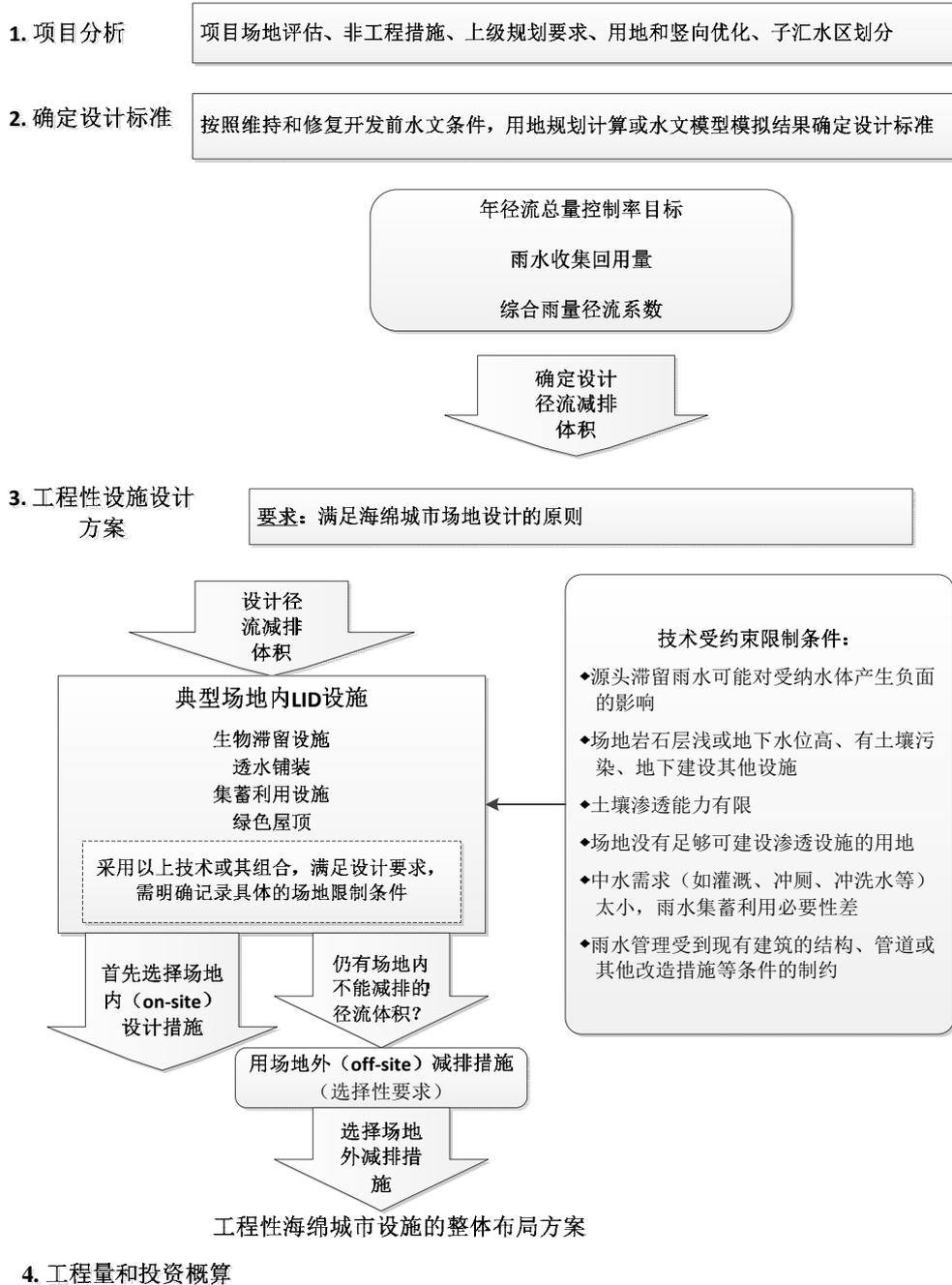


图 6-1 海绵城市建设项目设计流程

6.2.2 低影响开发设施的分项设计内容

低影响开发设施的分项设计按以下五个部分编制：

- (1) 项目分析
- (2) 低影响开发规模确定
- (3) 工程性设施设计
- (4) 工程量及投资概算
- (5) 施工及维护说明

6.2.3 项目分析宜明确下列内容

- (1) 项目情况介绍
- (2) 场地评估：主要是评估场地的水文条件、土壤、地下水位等自然特性及设计条件
- (3) 采取的非工程技术措施
- (4) 海绵城市上位规划的相关内容
- (5) 用地布局和竖向优化分析
- (6) 根据场地地形进行子汇水区划分

6.2.4 低影响开发规模确定宜明确下列内容

- (1) 年径流总量控制率目标

按照维持和修复开发前水文条件目标，根据上位规划和现状条件确定年径流总量控制率目标及对应的设计降雨量，从而确定设计容积。

- (2) 年径流污染去除率
- (3) 雨水收集回用量
- (4) 综合雨量径流系数

并复核建设项目低影响开发规划目标的可达性。

6.2.5 工程性设施设计宜明确下列内容

(1) 工程性海绵城市设施的整体布局方案：

根据用地性质、地形、汇水分区、室外排水，结合场地内的建筑、道路、绿地和水系的布局确定。

- (2) 选择适用的设施
- (3) 设施的水质要求及预处理设施
- (4) 设施采用在线或离线型设计
- (5) 设施的组合优化设计
- (6) 设施的尺寸设计
- (7) 设施的构造设计
- (8) 设施的材料要求
- (9) 设施的验收及维护要求
- (10) 设施对景观等其他专业的要求

6.2.6 工程量及投资概算

- (1) 总工程量及分项工程量
- (2) 投资概算和运行成本
- (3) 预期效益

6.2.7 施工及维护说明宜明确下列内容

- (1) 施工方案实施建议
- (2) 后期维护要求

6.3 建筑与小区

6.3.1 主要适用范围

用地类型为 R1、R2 类的住宅小区，A1、A2、A3、A4、B1、B2、B3、B4、U1、U21、U3、U9、M、W1、W2 类公共管理、服务设施、商业服务类等建设项目的低影响开发配套设施，宜采用绿色屋顶、生物滞留、雨水花园、生态树池、植草沟、透水铺装、下凹式绿地、雨水收集桶/池、雨水调蓄池等。

6.3.2 一般规定

(1) 建筑与小区海绵城市建设的目标应以内涝防治、面源污染控制为主，有条件的小区可兼顾雨水收集利用。

(2) 建筑与小区海绵性设计应在总体设计的指导下，结合对区域内的内涝风险分析和面源污染分析，合理设计绿色基础设施和灰色基础设施，提出内涝防治措施和面源污染控制措施，位于合流制区域的改建建筑与小区还应提出截污措施。

(3) 建筑与小区海绵性设计内容涉及场地设计、建筑设计、小区道路设计、小区绿地设计和海绵城市排水系统专项设计。

(4) 建筑与小区的海绵城市雨水排水设计应包括方案设计、初步设计及施工图设计三个阶段，根据用地红线范围的现状下垫面解析和建筑方案，确定海绵设施规模和技术组合。

1) 方案设计阶段应进行内涝风险分析和面源污染分析，结合海绵城市建设目标，提出内涝防治措施和面源污染控制措施，并进行海绵设施平面布置，确定设施规模。

2) 初步设计阶段应编制海绵城市建设专项设计说明，排水设计应包括源头雨水控制系统、排水管道系统、超标雨水排放系统的设计内容，详细设施平面布置及规模。

3) 施工图设计阶段应在初步设计的基础上，详细海绵设施的具体设计，明确各项海绵设施编号、面积、对应的服务汇水区面积、汇流路径及具体做法，

落实在施工图设计文件中。

(5) 老旧小区海绵城市改造应充分结合现状，因地制宜地设置海绵设施，通过源头、中途、末端相结合的系统方案实现海绵城市建设目标。

6.3.3 设计流程

建筑与小区的海绵性设计，应符合下列规定：

(1) 整体分析：对本地块和周边地块的地形、地貌、地势、标高、土质、绿化情况、水体情况等进行整体解析。

(2) 内涝风险和面源污染负荷评估：利用计算或模型工具对区域内的内涝风险和面源污染负荷进行评估，提出内涝防治措施和面源污染防治措施，辅助决策后续的海绵措施选择与布局。

(3) 技术选择：结合海绵城市建设目标、引导性指标及建筑与小区的总平面布局、场地竖向等，因地制宜选用适合的海绵城市建设技术措施，并确定建设内容和规模。

(4) 方案设计：结合建筑与小区整体设计要求，对海绵设施进行设计，对重大工程应开展多方案比选，优选技术先进、经济可靠的技术措施，确定设计方案。

(5) 初步设计：根据小区总平面规划、建筑方案和海绵城市建设措施的内容和规模，复核海绵城市建设技术指标和要求、并对其进行优化。明确海绵设施的规模、平面布局、竖向、构造，及与城市雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统的衔接关系，落实内涝防治措施和控源截污措施。明确工程量，并进行工程概算。

(6) 施工图设计：根据批准的初步设计进行施工图设计，施工图设计文件应能满足施工、安装、加工及编制施工图预算的要求，并据以进行工程验收。施工图设计文件通常包括海绵设施平面布置图、场地及海绵设施竖向设计图、海绵设施大样图等。

(7) 施工图审查及备案：由有关部门进行审批，按照审批要求进行调整和完善，并备案。

6.3.4 分项设计要点

(1) 针对不同区域的地下水位、地质条件、土壤渗透系数等差异,应进行建筑与小区 LID 设施的适应性研究。

1) 平原地区地下水位高、土壤渗透系数小,主要利用 LID 设施的滞、蓄、净功能,透水铺装、下凹式绿地(植草沟)、生态滞留设施应设置排水层,排水层设置盲管与雨水排水管渠系统衔接。

2) 丘陵地区地下水位相对较低,应充分利用 LID 的渗、滞、蓄、净功能,透水铺装、下凹式绿地(植草沟)、生态滞留设施底部不全设防渗膜,加强雨水入渗和水源涵养。土壤渗透系数低的区域,下凹式绿地底部土壤应进行换填,换填土壤需保证积蓄的雨水在 24~48h 内完全渗透。

(2) 大面积屋面雨水径流,如不收集利用,应采取雨落管断接的方式引入建筑周围绿地入渗。

(3) 建筑与小区内的绿地宜建设下凹式绿地入渗和滞留雨水,起到减少雨水外排量和延缓峰值的作用。

(4) 建筑与小区内的透水铺装宜采用具有蓄水功能的构造透水铺装,其中生态停车场可采用植草砖式构造透水铺装。

(5) 在绿地适宜位置可增建植草沟、洼地、渗透池(塘)等雨水滞留、渗透设施。

(6) 透水铺装、下凹式绿地(植草沟)、生态滞留设施下如设有地下车库,地下室顶板上绿地宜有 0.8 米以上的覆土,且地下车库上方设有排水板,覆土小于 1m 可减少 LID 设施的盲管设置。

(7) 小区内非机动车道路、人行道、游步道、广场、露天停车场、庭院宜采用透水铺装地面。非机动车道路可选用透水沥青路面、透水性混凝土、透水砖等;人行道、游步道可选用透水砖、碎石路面、汀步等;露天停车场可选用草格、透水砖等;广场、庭院可选用透水砖等。

(8) 建筑与小区场地内非机动车道路超渗的雨水应集中引入周边的下凹式绿

地中入渗,人行道、广场、露天停车场、庭院应尽量坡向绿地。

(9) 雨水口宜设于绿化带内,雨水口高程宜高于绿地而低于周围硬化地面,超渗雨水排入市政管网,雨水口宜采用环保型,雨水口内宜设截污挂篮。

(10) 场地内设计有景观水体的建筑与小区,其景观水体应兼有雨水调蓄功能,并设溢水口,超过设计标准的雨水排入市政管网中。景观水体中宜与湿地结合,成为具有雨水净化功能的设施。

(11) 优化排水设计,合理设计超渗系统,并按现行规范标准设计室外排水管网。

6.4 道路

6.4.1 主要适用范围

用地类型为 S1、S2、S3、S4、S9 类的市政道路、停车场等建设项目的低影响开发配套设施。城市道路径流雨水应通过有组织的汇流和转输,经截污等预处理后排入道路红线内、外绿地内,并通过设置在绿地内的雨水渗透、储存、调节等海绵设施进行处理。海绵设施的选择应因地制宜、经济有效、方便易行等,结合道路绿化带和道路红线外绿地可优先设计下凹式绿地、生物滞留设施、透水铺装、植草沟、生态树池、人工湿地等。

6.4.2 一般规定

(1) 道路海绵城市建设的目标以内涝防治、面源污染控制为主,雨水调节和收集利用为辅。

(2) 道路的海绵城市建设应结合红线内外绿地空间、道路纵坡和标准断面、市政雨水系统布局等,充分利用既有条件合理设计,合理确定海绵设施。

(3) 针对城区内已建下穿式立交桥、低洼地等严重积水点进行改造时,应充分利用周边现有绿化空间,建设分散式调蓄设施,防止汇入低洼区域的“客水”。

(4) 人行道、专用非机动车道和轻型荷载道路,宜采用透水铺装;高架道路、

景观车行道路宜采用透水沥青铺装，并设置边缘排水系统，接入雨水管渠系统。

(5) 行道树种植可选择穴状或带状种植，应采用透水基质材料。有条件的地区，行道树种植可与植草沟相结合，提升人行道对雨水的蓄渗和消纳能力。

(6) 城市道路海绵设施应采取相应的防渗措施，防止径流雨水下渗对车行道路面和路基的强度和稳定性造成损坏，并满足《城镇道路路面设计规范》(CJJ169)、《城市道路路基设计规范》(CJJ194)的相关规定。道路结构中设置的封层相关技术要求应符合《城镇道路路面设计规范》(CJJ 169)、《城镇道路工程施工与质量验收规范》(CJJ 1)与《路面稀浆罩面技术规程》(CJJ/T 66)的相关规定。

(7) 城市道路的海绵设施应建设有效的溢流排放设施并与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统有效衔接。

6.4.3 设计流程

(1) 整体分析：勘察建设区域现场，分析道路的交通需求、土壤透水系数、红线宽度、红线外用地条件、周边水体等相关因素。确定道路的径流流向、汇水区面积等。对接上位规划，明确该区域海绵城市控制目标。

(2) 确定道路断面和竖向设计：根据道路通行能力需求及红线宽度、红线外用地条件等因素，计算车行道宽度、非机动车道宽度、人行道宽度、绿化带宽度，初步确定道路断面及竖向。

(3) 内涝风险和面源污染负荷评估：利用计算或模型工具对区域内的内涝风险和面源污染负荷进行评估，提出内涝防治要求和面源污染控制要求，辅助决策后续的海绵措施选择与布局及道路的断面及竖向的确定。

(4) 优化道路断面布置与竖向设计：结合内涝防治要求和面源污染控制要求，优化道路断面布置和竖向设计。

(5) 技术选择：根据优化的道路断面和竖向，因地制宜地选择海绵措施，并确定规模。

(6) 方案设计：依据选择的海绵城市建设技术措施，进行道路的平面与竖向布置，提出总体设计方案。

(7) 初步设计: 复核海绵城市建设技术指标和要求、并对其进行优化。明确海绵设施的规模、平面布局、竖向、构造, 及与城市雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统的衔接关系, 落实内涝防治措施和控源截污措施。明确工程量, 并进行工程概算。

(8) 施工图设计: 根据批准的初步设计进行施工图设计, 施工图设计文件应能满足施工、安装、加工及编制施工图预算的要求, 并据以进行工程验收。施工图设计文件通常包括海绵设施平面布置图、场地及海绵设施竖向设计图、海绵设施大样图等。

(9) 施工图审查及备案: 由有关部门进行审批, 按照审批要求进行调整和完善, 并备案。

6.4.4 分项设计要点

(1) 人行道的海绵性设计, 应符合下列规定:

- 1) 人行道设置的树池, 宜采用生态树池, 人行道可采用透水铺装, 应将独立的树池连接形成一个连续的海绵体。
- 2) 人行道与非机动车道间可设置下沉式绿化带, 通过路缘石开孔, 使两侧雨水汇集到绿化带中; 人行道宜采用透水铺装, 实现对径流总量的控制要求。

(2) 雨水口可移至绿化分隔带内兼作溢流井, 下渗雨水和超量径流通过溢流井流入市政雨水管渠系统。其高程宜高于绿地而低于路面, 保证经过绿地处理后溢流。宜采用内设截污挂篮的环保型雨水口。

(3) 道路中非机动车道与机动车道间设置的绿化隔离带, 宜采用下沉式绿化带, 通过路缘石开孔, 使两侧雨水汇集到绿化带中, 同时非机动车道宜采用透水铺装, 实现对径流总量的控制要求。

(4) 城市道路红线外公共绿地的设计, 应符合下列规定:

- 1) 当公共绿地设计标高低于人行道时, 应根据道路坡向使红线内人行道、红线外径流汇入绿地中进行滞留与净化, 宜结合周边地块条件设置前置

塘、雨水湿地等设施,控制径流污染。

- 2) 当公共绿地设计标高高于人行道时,宜在绿地下设置蓄渗模块,收集调蓄人行道和绿地径流。
- (5) 城市道路濒临河道时,路面径流宜通过地表漫流或暗渠等形式排入河道。为防止水体污染和河道冲蚀,宜在道路与河道之间设置植被缓冲带、雨水湿塘等措施,控制径流总量、峰值流量和径流污染。
- (6) 已建道路海绵城市改造应充分结合现状,因地制宜地设置海绵设施,通过源头、中途、末端相结合的系统方案实现海绵城市建设目标。
- (7) 由于道路径流雨水污染浓度相对于其他下垫面较高,进入低影响开发设施前应采取沉淀池、前置塘等预处理措施,防止径流雨水对绿化造成破坏。
- (8) 路缘石采用豁口式、格栅式或其他形式确保径流雨水顺畅排入绿化带。
- (8) 道路沿线可因地制宜建设雨水调蓄设施,天然河道、坑塘等自然地形或水体应为首选。
- (9) 条件允许时,道路沿线可建设雨水湿塘或人工湿地,可将道路径流雨水引入其中净化、调蓄、储存。

6.5 绿地和广场

6.5.1 主要适用范围

用地类型为 G1、G3 类的公园绿地、广场等建设项目的低影响开发配套设施公园和广场等,宜采用调蓄设施、收集回用设施、入渗设施、植草沟、雨水湿地、生态树池、透水铺装技术。

6.5.2 一般规定

- (1) 绿地海绵城市建设的目标以内涝防治、面源污染控制、收集利用为主,并应尽可能收集处理周边硬化表面的径流。

- (2) 统筹考虑绿地周边区域内涝防治需求, 绿地周边汇水面(如广场、停车场、建筑与小区等)的雨水径流应通过合理竖向设计引入集中绿地。
- (3) 城市绿地中雨水湿塘、雨水湿地等大型海绵设施应在进水口设置有效的防冲刷、预处理设施。并应建设警示标识和预警系统, 保证暴雨期间人员的安全撤离, 避免事故的发生。
- (4) 将雨水处理设施与景观设计相结合, 合理确定下凹式绿地、雨水花园的布局与比例。
- (5) 城市绿地内海绵设施应建设有效的溢流排放系统, 溢流排放系统可考虑与城市雨水管渠系统或超标雨水径流排放系统相衔接。
- (6) 构建多功能调蓄水体, 在满足景观要求的同时, 对雨水水质和径流量进行控制, 并对雨水资源进行合理利用。

6.5.3 设计流程

- (1) 整体分析: 分析建设区域绿地、水面、广场等用地类型和比例, 场地的降雨特征、土壤蓄水特征、植物群落特征、径流量、污染物含量等, 确定场地的径流流向和分区汇水面积等, 估算现状绿地海绵体蓄水能力, 确定设计方向, 制定绿地目标比例, 水面目标比例等。
- (2) 根据现有建设区域的比例、汇水区面积、不透水铺装比例等, 计算建设区域的年径流总量控制率和年径流污染去除率, 确定与目标年径流总量控制率和年径流污染去除率的差距。
- (3) 技术选择: 选择相应的海绵城市建设技术措施, 确定技术措施的数量和规模。核算下凹式绿地率、污染物削减率、透水铺装率等。
- (4) 方案设计: 根据确定的技术措施和计算的设施量, 进行总体设计和设施布置, 形成设计方案。
- (5) 初步设计: 复核海绵城市建设技术指标和要求、并对其进行优化。明确海绵设施的规模、平面布局、竖向、构造, 及与城市雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统的衔接关系。明确工程量, 并进行工程概算。

(6) 施工图设计: 根据批准的初步设计进行施工图设计, 施工图设计文件应能满足施工、安装、加工及编制施工图预算的要求, 并据以进行工程验收。施工图设计文件通常包括海绵设施平面布置图、场地及海绵设施竖向设计图、海绵设施大样图等。

(7) 施工图审查及备案: 由有关部门进行审批, 按照审批要求进行调整和完善, 并备案。

6.5.4 分项设计要点

(1) 广场的海绵性设计应合理控制场地内不透水下垫面比例, 优化硬化下垫面与绿地空间布局, 以绿地分隔大面积硬化下垫面, 建筑、广场、道路周边宜布置可消纳径流雨水的绿地, 不透水下垫面的径流应快速引导进入可渗蓄的地表。

(2) 公园绿地、街道绿地设计应首先满足自身的生态功能、景观功能和游憩功能, 公园绿地海绵城市建设雨水系统设计应符合《公园设计规范》(CJJ48) 的相关规定, 并应达到年径流总量控制率、年径流污染去除率等海绵城市建设指标的要求。

(3) 雨水利用应以入渗和景观水体补水与净化回用为主, 避免建设维护费用高的净化设施。土壤入渗率低的公园绿地应以储存、回用设施为主; 公园绿地内景观水体可作为雨水调蓄设施, 并与景观设计相结合。绿地中适宜的位置可建雨水收集回用设施, 可建于地下保证安全和节约用地, 雨水经过适当处理后可用于浇洒和灌溉。

(4) 海绵设施内植物应根据设施水分条件、径流雨水水质进行选择, 宜选用耐涝、耐污染能力强的本土植物。

(5) 结合公园和广场的排水方案, 公园、广场及周边区域径流雨水应通过有组织的汇流和转输, 经截污等预处理后引入城市绿地内的雨水渗透、储存、调节等海绵设施消纳并衔接区域内的雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统, 提高区域内涝防治能力。

(6) 绿地中的道路和硬化铺装周围应设置雨水花园、植草沟、生态树池、下凹式绿地等设施, 消纳雨水径流, 其场地规划设计, 应符合下列规定:

1) 绿地的地形设计应保证硬化铺装的汇水区标高高于下凹式绿地, 雨水径流通

过地表坡度汇集到过滤设施或转输设施中,然后进入下凹式绿地。绿地中可建植草沟转输和净化雨水,以及雨水滞留和渗透设施。

- 2) 绿地高程应尽量低于周围硬化地面,设置导流设施,以确保径流雨水流入绿地。若绿地道路的边缘与绿地平齐,且雨水污染物含量较低,雨水径流可以分散式进入下凹式绿地;若道路比周围绿地高,则可在汇水区周围的道路侧石上设置宽度为 20cm~30cm 的排水口,地表径流可通过排水口汇入过滤设施或转输设施中,进而流入下凹式绿地。
- 3) 雨水溢流口可设置在下凹式绿地中,也可设置在绿地与硬化铺装的交界处。雨水溢流口的设计高程应高于下凹式绿地的设计高程且低于地表的高程,保证超过下凹式绿地设计蓄水上限的雨水及时通过溢流口排入雨水管渠系统。蓄排水设施底部与当地的地下水季节性高水位的距离应大于 1m,以保证雨水正常入渗。

(7) 绿地、广场内的透水铺装宜采用具有蓄水功能的构造透水铺装,其中生态停车场可采用植草砖式构造透水铺装,蓄存的雨水可结合雨水回用设施设计进行回用。

(8) 广场总体布局应根据场地排水大竖向进行地表竖向设计,使硬质铺装雨水汇入绿地内渗透、净化和储存。

(9) 应在广场绿地内开展微地形设计,设置植草沟、下凹式绿地和雨水花园等小型分散设施,形成流畅、自然的雨水排水路径。

(10) 山体截洪沟:充分利用山坡地形设计集水设施,可依山设计成梯田形式,分段消能,滞蓄雨水,收集利用或涵养山林。

(11) 公园或广场内部的非机动车道、人行道、林荫小道、广场、露天停车场、庭院宜采用透水铺装。承重要求高的广场可采取硬质铺装和透水铺装相间布置。

(12) 广场硬质下垫面的雨水可收集回用,经适当处理可用于道路、广场浇洒和绿地灌溉。

(13) 露天停车场应采用透水铺装地面,周围应采用下凹式绿地,如生物滞留带、植草沟、雨水花园等具有径流污染控制功能的设施,停车场超渗产流的径流雨水应引入周围绿地进行净化、渗透和排放。

6.6 河湖水系

6.6.1 主要适用范围

用地类型为 E1 类的水体类等建设项目的低影响开发配套设施,宜采用雨水湿地、滞留池、植被缓冲带、雨水管末端污染控制技术。

6.6.2 一般规定

(1) 城市水系海绵城市建设的目标以防洪治涝、雨水调节、污染治理为主,并应尽可能收集处理城市道路与广场、山体与绿地、建筑与小区的径流。

(2) 根据城市水系的功能定位、水体水质等级与达标率、保护或改善水质的制约因素与有利条件、水系利用现状及存在问题等因素,合理确定城市水系的保护与改造方案,使其满足相关规划提出的海绵城市建设目标与指标要求。

(3) 应保护现状河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等城市自然水体。

(4) 应充分利用城市自然水体设计雨水湿塘、雨水湿地等具有雨水调蓄功能的海绵设施,雨水湿塘、雨水湿地的布局、调蓄水位等应与城市上游雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统及下游水系相衔接。

(5) 应充分利用城市水系滨水绿化控制线范围内的城市公共绿地,在绿地内设计雨水湿塘、雨水湿地等设施调蓄、净化径流雨水,并与城市雨水管渠的水系入口、经过或穿越水系的城市道路的排水口相衔接。

(6) 滨水绿化控制线范围内的绿化带接纳相邻城市道路等不透水面的径流雨水时,应设计为植被缓冲带,以削减径流流速和污染负荷。

(7) 有条件的城市水系,其岸线应设计为生态护岸,并根据调蓄水位变化选择适宜的水生及湿生植物。

6.6.3 设计流程

(1) 资料收集:收集水文条件、水质等级、水系连通状况、水系利用状况、岸线与滨水带状况等资料。

(2) 流域分析：在流域洪水风险分析、水量平衡分析、纳污能力污染分析的基础上，重点进行城市水系海绵性分析。

(3) 总体布局：确定平面总体布局，重点分析水域与绿化、道路、广场、建筑物等其它配套要素的竖向关系。

(4) 工程规模。根据调蓄、排水、生态、景观、航道、雨水利用等功能需求，确定工程规模，重点论证调蓄量、生态流速、污染削减量等。

(5) 方案设计：进行湖港岸线设计、排口设计、水质净化设计、以及滨水带的绿化景观、临水建筑物等，并在设计过程中应优先选用具有生态性、海绵性的措施。

(6) 初步设计：复核海绵城市建设技术指标和要求、并对其进行优化。明确海绵设施的规模、平面布局、竖向、构造，及工程量，并进行工程概算。

(7) 施工图设计：根据批准的初步设计进行施工图设计，施工图设计文件应能满足施工、安装、加工及编制施工图预算的要求，并据此进行工程验收。施工图设计文件通常包括海绵设施平面布置图、场地及海绵设施竖向设计图、海绵设施大样图等。

(8) 施工图审查及备案：由有关部门进行审批，按照审批要求进行调整和完善，并备案。

(9) 目标核算及方案调整。对方案设计进行海绵性指标核算，对于不满足要求的，应进行方案调整。

6.6.4 分项设计要点

(1) 自然水域、水库、坑塘、沟渠等具有调蓄雨水功能的水体应优先保护其自然形态，条件适宜的情况下采取水体贯通的措施，提高水面率。

(2) 具有抵御台风功能的河流应首要保证防洪和防台风的安全。

(3) 水体断面宜采用生态护岸断面，并根据调蓄水位变化选择适宜的水生及湿生植物，充分与周边城市景观结合。

(4) 为提高水体净化能力,宜利用河道蓝线内用地建设具有净化和滞蓄功能的雨水湿地。

(5) 雨水滞留设施应与雍水设施、景观设计相结合。不得对行洪造成妨碍,尽可能利用自然方式,如湿地等,以改善水质,延长换水周期,减少旱季补水需求。

(6) 雨水管排水口末端周围应考虑利用自然生态活性填料工艺或其他过滤设施进行普通的物理截污。

(7) 有条件进行生态处理(雨水湿塘、雨水湿地、生物浮岛等形式),经上述设施滞留净化后再排入受纳水体。

(8) 河湖水体的平面布置,应符合下列规定:

- 1) 应针对建设目标,明确需要治理对象的规模和分布,选择适宜的治理技术,确定治理设施的型式和规模,结合场地现状,因地制宜进行布置。
- 2) 在陆域缓冲带布置海绵设施时,必须考虑防汛通道、慢行道、游步道、休憩广场、亲水平台等功能设施的布置要求,使水流在场地内流动顺畅。调蓄和净化等海绵设施应重点布置在径流污染严重的区域和入河雨污水管网附近。
- 3) 应考虑河道的蜿蜒特性,在满足相关规划情况下,宜依据现有河势走向,保留及恢复河道的自然弯曲形态,控制截弯取直。
- 4) 海绵设施的布置,需保证河湖行洪排涝、输水、通航等基本功能不受影响。

(9) 河湖水体的竖向设计,应符合下列规定:

- 1) 应解析河道建设范围内和周边地块的地形特点,雨水宜自流进出海绵设施。调蓄池中储存的初雨径流或者溢流污水可通过提升,进行净化后回用或排放。
- 2) 水体应在满足规划断面基础上,结合水生动植物生境构建要求,开展竖向断面设计,包括矩形、梯形和复式断面形式等,可通过设置不同坡比、

平台高度和宽度、人工岛、河底深潭浅滩等，形成多样化的断面形式。

- 3) 通过植物配置，从水体到陆域形成以沉水、浮叶、挺水和陆生植物为一体的全系列或半系列滨河植物带。

6.7 地表导流

6.7.1 基本要求

海绵设施设计应合理、有效设置地表导流设施，使地表径流有组织地汇入海绵设施。

6.7.2 导流设施

(1) 建筑与小区中宜采取雨水立管断接或设置集水井等方式将屋面雨水断接、消能后引入周边绿地内小型、分散的海绵设施。小区道路径流可采用边沟、卵石沟等形式导流进入海绵设施。具有景观水体的小区，应设置前置塘、植被缓冲带等预处理设施，将雨水导流进入景观水体。

(2) 城市道路中可采用开口路牙、暗涵暗管等，将路面地表径流导流进入海绵设施。具体形式可以结合景观进行设计，开口宽度、间距需结合道路竖向、径流量进行计算，使得雨水顺流进入海绵设施。对于影响行人安全通行的进水口，应采取加盖等防护措施。

(3) 城市绿地与广场、城市水系及周边区域应通过绿地竖向控制、卵石沟、线性排水沟等方式将区域径流雨水有组织的汇流、转输。有条件的城市水系，其退让绿化应设计为植被缓冲带，岸线设计为生态护岸。

6.7.3 涝水径流路径

发生超标雨水时，涝水可充分利用水系、道路、景观带、低洼绿地等形成的行泄通道排放。

- (1) 作为超标雨水径流路径的城市道路，其断面及竖向设计应满足相应的设计

要求,并与区域整体内涝防治系统相衔接,合理引导涝水进入调蓄设施或河渠系统。

(2) 承担城市排水防涝功能的城市绿地,其总体布局、规模、竖向设计应与城市内涝防治系统相衔接,合理引导涝水排放。

(3) 推荐使用水力模型对涝水的汇集路径进行分析,结合城市竖向和接纳水体分布以及城市内涝防治标准,合理布局涝水径流路径。

6.8 技术类型分类与选型

表 6-1 低影响开发技术类型与设施选用一览表

技术类型	单项设施	适用类型				控制目标			经济性		污染物去除率(以TSS计,%)
		建筑与小区	城市道路	绿地与广场	城市水系	径流总量	径流峰值	径流污染	建造费用	维护费用	
渗透设施	透水砖铺装	√	√	√	×	●	◎	◎	低	中	80-90
	构造透水铺装	√	×	√	×	●	◎	◎	低	低	80-90
	透水水泥混凝土	×	×	√	×	◎	◎	◎	高	中	80-90
	透水沥青混凝土	√	√	√	×	◎	◎	◎	高	中	80-90
	绿色屋顶	×	×	×	×	●	◎	◎	高	中	70-80
	下凹式绿地	√	√	√	×	●	◎	◎	低	低	—
	简易	√	√	√	×	●	◎	◎	低	低	—

	型生物滞留设施										
	复杂型生物滞留设施	√	√	√	×	●	◎	●	中	低	70-95
	渗透塘	√	×	√	×	●	◎	◎	中	中	70-80
	渗井	√	×	√	×	●	◎	◎	低	低	—
存储技术	湿塘	√	×	√	√	●	●	◎	高	中	50-80
	雨水湿地	√	√	√	√	●	●	●	高	中	50-80
	蓄水池	√	×	√	×	●	◎	◎	高	中	80-90
	雨水罐	√	×	×	×	●	◎	◎	低	低	80-90
调节技术	调节塘	√	×	√	√	○	●	◎	高	中	—
	调节池	√	×	√	√	○	●	○	高	中	—
转输技术	转输型植草沟	√	√	√	×	◎	○	◎	低	低	35-90
	干式植草沟	√	√	√	×	●	○	◎	低	低	35-90
	湿式植草沟	√	√	√	×	○	○	●	中	低	—
	渗管/渠	√	√	√	×	◎	○	◎	中	中	35-70
截污净化技术	植被缓冲带	×	×	√	√	○	○	●	低	低	50-75
	初期雨水弃流/截留设施	√	√	√	√	○	○	●	低	中	40-60

	人工 土壤 渗滤	√	√	√	√	○	○	◎	高	中	75-95
--	----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------

注：●——强；◎——较强；○——弱或很小

6.9 低影响开发技术设计要点

6.9.1 透水铺装

建筑地块内非机动车道路、人行道、停车场、广场、庭院应采用透水铺装路面。透水铺装可分为材料透水和构造透水，其中材料透水包括透水砖铺装、透水水泥混凝土、透水沥青混凝土等材料其本身为透水材料；构造透水包括植草砖式、缝隙式透水等通过断接不透水表面的构造透水。透水铺装路面结构、设计、施工及维护应符合《建筑与小区雨水利用工程技术规范》(GB50400-2006)、《透水水泥混凝土路面技术规程》(GJJ/T135)、《透水沥青路面技术规程》(GJJ/T190)、《透水砖路面技术规程》(GJJ/T188)的相关规定。透水路面结构应便于施工，利于养护并减少对周边环境及生态的影响。



图6-2 透水铺装和透水路面

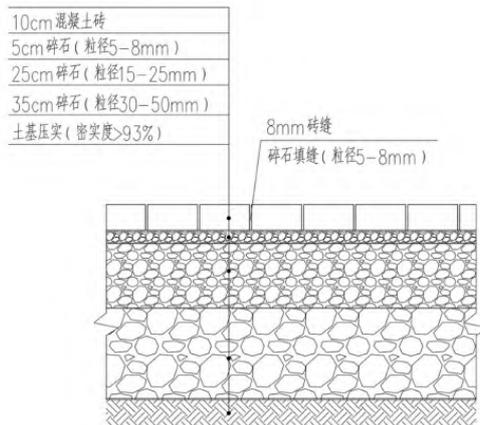


图6-3 构造透水铺装示意图

- (1) 透水路面应按下列工序施工：路基挖槽-路基基层-透水垫层-找平层-透水面层-清扫整理-渗透能力的确认。
- (2) 透水铺装路面应满足相应的承载力要求；路面坡度宜采用 1.0%~1.5%。
- (3) 透水铺装地面的表面平整度应每 20m 检测一处，允许偏差小于等于 5mm；顺直度反应铺装砖缝的顺直程度，采用 5m 拉线和钢尺法检测。透水砖地面的纵缝顺直度应每 40m 检测一处，允许偏差小于等于 10mm；横缝顺直度应每 20 m 检测一处，允许偏差小于等于 10 mm。
- (4) 面层透水砖的透水系数应不小于 0.1mm/s，下面各层的透水系数应不小于上层的。
- (5) 在公共建筑周边建设的具有渗透功能的源头控制设施，设施距离建筑物基础不应小于 3m，设施底部渗透地面距离季节性最高地下水位或岩石层不应小于 1m；当不能满足上述要求时，应采取措施防止次生灾害的发生。
- (6) 当降雨量超过铺装层容水量和路基土壤下渗量时就产生积水和径流，但缺少相关计算参数时，渗透铺装措施雨水径流削减量可按下式计算：

$$Q_{td} = P_{Nt} (1 - \varphi_{Nt}) \times F_a$$

式中： Q_{td} ——透水地面铺装雨水径流削减量，L/s；
 φ_{Nt} ——透水地面径流系数；
 P_{Nt} ——重现期为 N、历时为 t 的设计降雨量；
 F_a ——透水地面铺装面积，m²。

当相关参数齐全时，渗透铺装措施雨水径流削减量可按下式计算：

$$Q_{td} = \left(\frac{W_p}{t} + K_j \right) \times F_a$$

式中： W_p ——透水地面铺装层容水量，mm；

K_j ——基层的饱和导水率，mm/min；

t ——降雨历时，s。

透水铺装容水量可按下式计算：

$$W_p = h_m \times n_m + h_z \times n_z + h_d \times n_d$$

式中： h_m ——面层厚度，mm；

n_m ——面层有效孔隙率；

h_z ——找平层厚度，mm；

n_z ——找平层有效孔隙；

h_d ——垫层厚度，mm；

n_d ——垫层有效孔隙率。

(7) 透水铺装的维护与管理应满足下列要求：透水铺装面层出现破损时应及时修补或更换；透水铺装出现不均匀沉降时应进行局部找平；当透水铺装渗透能力大幅下降时，应采用冲洗、负压抽吸等方法及时进行清理。

6.9.2 下凹式绿地与植草沟

下凹式绿地与植草沟应符合一定经济性，应考虑到下凹式绿地的造价成本及后期养护成本。下凹式绿地植草沟的设计可参照《珠海市海绵城市建设技术标准图集（试行）》相关内容。

(1) 下凹式绿地与植草沟应结合规模与竖向设计，可消纳屋面、路面、广场及停车场径流雨水，并可通过溢流排放系统与城市雨水灌渠系统和超标雨水径流排放系统有效衔接。



图 6-4 下凹绿地与植草沟结合

(2) 下凹式绿地的下凹深度应根据植物耐淹性能和土壤渗透性能确定，宜为 100~250mm。下凹式绿地的雨水应就地入渗，植物宜选用耐旱耐淹品种。

(3) 下凹式绿地可在适宜位置设置浅沟、洼地、入渗池、入渗井等入渗设施增加入渗能力。入渗井应布置在下凹式绿地内部且靠近车行道一侧。

(4) 对于下凹式绿地坡度较大时，应按超渗溢流雨水口划分的集雨区域，每个区域设计成梯田或设挡水坎，充分利用每个雨水口的排水能力，避免超渗雨水集中流到地势最低处溢流，造成最低处的雨水口排水能力不足，产生局部性区域的内涝。若无将下凹式绿地设计成梯田或设挡水坎的条件时，应将下凹式绿地做成波浪式设计。

(5) 下凹式绿地内或绿地和硬化地面交界处一般应设置具有排泥功能的溢流设施(如雨水口)，保证暴雨时径流的溢流排放，溢流口高程应高于绿地高程且低于硬化地面高程，其顶面标高宜低于路面 30~50mm；雨水口内宜设截污挂篮等污染物去除设施。

(6) 下凹式绿地区域施工时应尽量避免重型机械的碾压；已压实的土壤需要借助机械改善土壤夯实度，可以适当加入有机质、膨胀岩页、多孔陶粒等碎材来改良土壤结构；土壤渗透性较差的地区可以通过添加炉渣等措施增大土壤渗透能力。

(7) 植草沟的设计应满足下列要求：植草沟断面形式宜采用抛物线形、三角形或梯形；植草沟顶宽宜为 500~1500mm，深度宜为 50~250mm，最大边坡(垂直：水平)不宜大于 1:3；纵向坡度宜为 0.3%~4%，当大于 4%时，宜设置为阶梯型植草沟或在中途设置消能台坎；沟长不宜小于 30m；植草沟最大流速应小于

0.8m/s, 曼宁系数宜为 0.2~0.3; 植草沟内植被宜控制在 100~200mm; 积水区的进水宜沿沟长多点分散布置, 宜采用明沟布水; 当大量雨水径流通过管道进入植草沟时, 宜在进口处设置消能设施。植草沟的雨水井口处不应种植较大的树木, 以防涌水。

(8) 植草沟尺寸、位置及高程应满足下列要求: 植草沟的宽度应与绿化带相同; 植草沟的纵向坡度应严格与道路保持一致。

(9) 下凹式绿地、植草沟及生物滞留设施防蚊虫设计: 地下室顶板、屋面绿地、下凹式绿地、植草沟及生物滞留设施表面积, 水应 24h 内完全下渗, 无法满足 24h 下渗要求的可设置 24h 排干积水的设施; 绿地、植草沟、生物滞留设施等植物种植区域间隔种植具有驱蚊虫功效的植物, 减少植被区域的蚊虫藏身处。

(10) 当下凹式绿地的调蓄空间雨水的排空时间超过 36h 时, 应及时置换树皮覆盖层或表层种植土; 下凹式绿地出水水质不符合设计要求时应更换填料。

(11) 下凹式绿地、植草沟的维护与管理应满足下列要求: 下凹式绿地、植草沟应及时补种修建植物、清除杂草。当下凹式绿地、植草沟进水口不能有效收集汇水面径流时, 应加大进水口规模或进行局部下凹等; 当溢流口堵塞或淤积导致过水不畅时, 应及时清理垃圾与沉积物。当下凹式绿地、植草沟进水口、溢流口因冲刷造成水土流失时, 应设置碎石缓冲或采取其他防冲刷措施。当下凹式绿地、植草沟边坡出现坍塌时, 应进行加固。沉式绿地、植草沟的检修频次应为 1 年 2 次, 且检修时间应在雨季之前及雨季期中。下凹式绿地、植草沟在植物生长季节应进行每月 1 次的剪修。

6.9.3 生物滞留

生物滞留设施应符合一定经济性, 应考虑到生物滞留设施的造价成本及后期养护成本。生物滞留设施的设计可参照《珠海市海绵城市建设技术标准图集(试行)》的相关内容。

生物滞留设施分为简易型生物滞留设施和复杂型生物滞留设施。根据设施外观、大小、建造位置和适用范围的不同, 又称作雨水花园、生物滞留带、高位花坛、生态树池等。



图6-5 生物滞留设施

(1) 生物滞留设施宜分散布置，且规模不宜过大，生物滞留设施面积与汇水面面积之比一般为 5~10%。生物滞留设施应接收由雨落管引入的屋面径流雨水，场地及道路径流雨水可通过路缘石豁口进入，路缘石豁口尺寸和数量应根据道路纵坡等计算确定。

(2) 生物滞留设施应用于道路绿化且道路纵坡大于 1%时，应设档水堰或台坎，以减缓流速并增加雨水渗透量；设施靠近路基部分应进行防渗处理，防止对道路路基稳定性造成影响。

(3) 生物滞留设施内应设置溢流设施，可采用溢流竖管、盖篦溢流井或雨水口等，溢流设施顶部一般应低于汇水面 100mm。

(4) 当生物滞留设施设置于污染严重的汇水区时，应选用植草沟、植被缓冲带或沉淀池对雨水进行预处理，去除大颗粒的污染物并减缓流速；对于石油类高浓度污染物应采取弃流、排盐等措施防止污染物侵害植物。

(5) 当生物滞留设施设置于径流污染严重、设施底部渗透面距季节性最高地下水位或岩石层小于 1m 及距离建筑物基础小于 3m（水平距离）的区域时，可采用底部防渗的复杂型生物滞留设施。

(6) 生物滞留设施各结构层设计应满足下列要求：生物滞留设施的蓄水层深度应根据植物耐淹性能和土壤渗透性能确定，一般为 200~300mm，并设置 100mm 的超高；换土层介质类型及深度应满足植物种植及园林绿化养护管理技术要求；换土层底部宜设置透水土工布隔离层以防止换土层介质流失，也可采用厚度不小于 100mm 的砂层（细砂和粗砂）代替；砾石层厚度一般为 250~300mm，可在其底部埋置管径为 100~150mm 的穿孔排水管，砾石粒径不小于穿孔管的开孔孔径；生物滞留设施各组成部分及相应技术要求可参照下表设计。

表 6-2 生物滞留设施组成及技术要求

	组成	作用	技术要求
1	蓄水层	①雨水滞留：降雨时雨水优先滞留于蓄水层； ②过滤雨水：通过植物的作用过滤雨水，同时将雨水中的沉淀物留在此层	其高度根据开发场地所在地区的降雨特性来确定，一般多为 100~250mm
2	覆盖层	①提高土壤渗透能力：可以保持土壤的湿度，防止水土流失； ②净化雨水：覆盖层中的树皮可以提供良好的微生物环境，有利于雨水的净化	①一般采用树皮进行覆盖； ②其最大深度一般为 50~80 mm
3	种植土层	过滤与净化雨水作用	①一般选用渗透系数较大的砂质土壤，其主要成分中砂子含量为 60%~85%，有机成分含量为 5%~10%，粘土含量不超过 5%； ②种植土的厚度根据所种植的植物来决定。种植花卉与草本植物，只需 30~50cm 厚；种植灌木需 50~80cm 厚；种植了乔木，则土层深度在 1m 以上； ③种植在雨水花园的植物应选择多年生植物，并可短时间耐水涝
4	人工填料层	渗水作用	①多选用渗透性较强的天然或人工材料； ②其厚度应根据当地的降雨特性、雨水花园的服务面积等确定，多为 0.5~1.2m； ③当选用砂质土壤时，其主要成分与种植土层一致； ④当选用炉渣或砾石时，其渗透系数一般不小于 10^{-5} m/s
5	砾石层	排除多余雨水：多余的雨水由穿孔管收集排入到城市排水管道中	①由直径不超过 50mm 的砾石组成，厚度 200~300mm； ②在其中可埋置直径为 100mm 的穿孔管

(7) 生物滞留设施的维护与管理应满足下列要求：生物滞留设施应及时补种修剪植物、清除杂草；当生物滞留设施进水口不能有效收集汇水面径流时，应加大进水口规模或进行局部下凹等；当生物滞留设施进水口、溢流口因冲刷造成水土流失时，应设置碎石缓冲或采取其它防冲刷措施；当生物滞留设施进水口、溢流口堵塞或淤积导致过水不畅时，应及时清理垃圾与沉积物；当生物滞留设施调蓄空间因沉积物淤积导致蓄水能力不足时，应及时清理沉积物；当生物滞留设施边坡出现坍塌时，应进行加固；当年生物滞留设施由于坡度导致调蓄能力不足时，应增设档水堰、溢流口高程；当生物滞留设施调蓄空间雨水的排空时间超过 36h 时，应及时置换树皮覆盖层或表层种植层；当生物滞留设施出水水质不符合设计要求时应更换填料；生物滞留设施的检修、植被养护频次应为 1 年 2 次，检修时间应在雨季前或雨季期中。在生物滞留设施中的植物栽种期应适当增加浇灌次数；生物滞留设施运行期间应注意设施是否引起地面或周边建筑物、构筑物坍塌，或导致地下室漏水。

6.9.4 绿色屋顶

种植屋面应符合《屋面工程技术规范 (GB50345-2012)》及《14J206 种植屋面建筑构造》要求。种植屋面材料、施工验收及质量验收应参照《JGJ155-2013 种植屋面工程技术规程》。

种植屋面应考虑屋面荷载、阻根、防水及屋面构造安全。非种植屋面宜采用透水材料饰面。

(1) 种植屋面可分为简单式种植屋面、花园式种植屋面及容器式种植屋面。简单式种植屋面是指仅以地被植物和低矮灌木绿化的种植屋面，适用于建筑物静荷载不小于 1kN/m^2 ，构造层厚度为 25~40cm，屋面排水坡度不大于 10% 的屋面；

(2) 花园式种植屋面是指配植乔木、灌木和地被植物，并设置园路、园林小品等的屋面，花园式屋面适用于建筑物静荷载不小于 3kN/m^2 ，构造层厚度 25~100cm，屋面排水坡度不大于 10% 的屋面；花园式屋面种植的布局应与屋面结构相适应，乔木类植物和亭台、水池、假山等荷载较大的设施，应设在柱或墙的位置容器式种植屋面是指在容器或种植模块中种植植物的屋面。

(3) 既有建筑宜采用容器式种植屋面。容器式屋面应符合下列规定：种植容

器应轻便、易搬移、连接点稳固、便于组装和维护,种植容器宜设计有组织排水,种植容器下应设置保护层,容器式种植宜采用滴管系统,容器式种植的土层厚度应满足植物生存的营养需求,不宜小于 100 mm。

(4) 种植屋面的系统构造可采用疏水、阻根、防水结构形式、模块形式、或其他结构形式;不同形式的种植屋面构造均应满足屋面排水、隔离阻根及防水的要求。典型的疏水、阻根、防水屋面构造形式自上而下可参考植被层、种植土、过滤层、蓄排水层、保护层、隔离层、阻根层、防水层、找平层、保温层、找坡层及结构层的构造组成形式,其不同结构层的要求如下所示:

植被层: 植被;

种植土层: 根据植被要求;

过滤层: 土工格栅、土工过滤布等;

蓄排水层: 蓄排水板、绿色屋面种植模块等;

保护层: 细石混凝土或1:3水泥砂浆;

隔离层: PE膜/聚酯无纺布等;

防水层: DTM聚酯复合防水卷材/PVC/TPO/LOCA 环保自粘防水卷材等;

找平层: 水泥砂浆;

保温层: 质轻、多空、导热系数小的保温材料;

找坡层: 轻集料混凝土;

结构层: 现浇钢筋混凝土。



图6-6 简单式种植屋面、花园式种植屋面

(5) 大面积种植宜采用土壤湿度监测+固定式自动喷灌或滴灌、渗灌等节水技术。种植屋面的设计荷载除满足屋面结构荷载外,还应符合下列规定:种植土的

荷重应按饱和水密度计算；植物荷载应包括初栽植物荷重和植物生长期增加的可变荷载。初栽植物荷重应符合下表要求；

表 6-3 初栽植物荷重

项目	小乔木（带土球）	大灌木	小灌木	地被植物
植物高度或面积	2.0~2.5 m	1.5~2.0 m	1.0~1.5 m	1.0 m ²
植物荷重	0.8~1.2 kN/株	0.6~0.8 kN/株	0.3~0.6 kN/株	0.15~0.3 kN/株

(6) 一般种植屋面可与蓄水屋面结合，建成蓄水种植屋面，应符合以下规定：蓄水种植屋面设计应符合《屋面工程技术规范（GB50345-2012）》要求；种植床内的水层靠轻质多孔粗骨料蓄积，粗骨料的粒径应不小于 25mm，蓄水深度应不小于 60mm；为保持蓄水层的通畅，不被杂质堵塞，应在粗骨料上铺 60~80 mm 细骨料滤水层，细骨料按 5~20mm 粒径级配，下粗上细逐层填铺；为减轻屋面板荷载，栽培介质推挤密度不宜大于 10kN/m³；蓄水种植屋面应根据屋面绿化设计用床埂进行分区，每区面积不宜大于 100m²。床埂宜高于种植床 60 mm 左右，床埂底部每隔 1200~1500mm 设一个溢水孔，溢水孔处应铺设粗骨料或安设滤网以防细骨料流失。

(7) 既有屋面改造前必须检测鉴定结构安全性，应以结构鉴定报告作为设计依据，确定种植形式；改造为种植屋面宜选用轻质种植土、地被植物；建筑进行低成本种植屋面改造时，可考虑在建筑附近设集水桶、蓄水池等雨水收集设施，通过雨水管与屋面衔接，将多余雨水排至场地或小区绿化用地，实现场地雨水利用。

(8) 地下建筑顶板种植设计顶板为现浇防水混凝土，并应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》(GB50108)的规定；顶板种植应按永久性绿化设计；顶板种植构造层底部应设疏排水系统。

(9) 采取雨落管断接或设置集水井等方式将屋面雨水断接并引入周边低影响开发设施或场地内集中调蓄设施，或断接到入渗排放井。雨落管不应直接与渗管或雨水管渠连接，对其排水造成影响。雨水断接应满足以下要求：雨水断接宜优先采用雨水收集—雨水断接—消能设施—植被区的模式；污染严重的工业、垃圾收集点等汇水区域，不应采用雨水断接；雨水断接应保证建、构筑物 and 周边场地

的安全。

(10) 采取管道将种植屋面收集的雨水排入附近储水罐或其它储蓄设施, 经过净化处理达到回用要求后, 就近使用于屋面植物灌溉或屋内冲厕等。雨落管断接应设置消能设施, 消能设施有消能井、消能坑、消能石、砾石池、砾石层等。同时应合理利用场地地形, 尽量以重力流的形式, 减少能源消耗, 并分散设施海绵设施以保证每个海绵设施的水量平衡。

(11) 种植屋面绿化的维护与管理应满足下列要求: 种植屋面工程应建立绿化养护管理制度; 应定期观察、测定土壤含水量, 并根据土壤含水量灌溉补水; 根据季节和植物生长周期测定土壤肥力, 可适当补充环保、长效的有机肥或复合肥; 应定期检查并及时补充种植土; 根据设计要求、不同植物生长习性, 适时或定期对植物进行修剪, 及时清理死株, 更换或补充老化及生长不良的植株, 植物生长季节应及时除草并及时清运, 注意防病防虫害; 根据植物类型、季节和天气情况实施灌溉; 定期检查排水沟、水落口和检查井等排水设施, 及时疏通排水管, 当屋面出现漏水时, 及时修复或更换防渗层; 种植屋面的检修、植物养护频次每年 2~3 次, 初春应浇灌(浇透)植物 1 次, 雨季期间应除杂草 1 次。

6.9.5 储水调蓄设施

建设项目需要削减排水管道峰值流量防止地面积水、提高雨水利用程度时, 可设置雨水调蓄设施。雨水调蓄设施包括雨水调蓄池、水塘、水池、湖泊(人工湖)、屋面水池、雨水罐(桶)等。雨水储存池可采用室外塑料模块蓄水池、硅砂砌块水池、混凝土水池等。雨水罐(桶)可造型根据采用不锈钢罐、塑料罐、陶罐、瓷罐等。



图 6-7 雨水罐、雨水湿塘、雨水干塘

雨水调蓄设施系统组成一般包括集水区、初期雨水弃流设施、处理系统及蓄水区。集水区表面为硬化地面可为绿化或渗透铺装等,建筑物的集水区是屋顶,地面集水区可为绿地下集水、硬地面集水等。在进行海绵城市设计时,在硬化地面条件下可做成下凹形式,并铺设碎石层,可增大硬化地面的水容量,建立硬化地面上的雨水储存空间。

初期雨水径流往往污染较大,需要设置初期雨水弃流设施,弃流水应排入市政污水管道。入口处宜设置拦污净化设施;当采用前置塘作为拦污净化设施时,前置塘应设置清淤通道和防护设施,前置塘沉泥区容积应根据清淤周期和入流雨水 SS 污染负荷确定。蓄水区是储水调蓄系统必不可少的一部分,可为蓄水池、水塘、湖泊等。其中蓄水区的蓄水池可用多种材料建设,如塑料、混凝土、钢铁等,如所选用是塑料材质,则宜为再生材料,且塑料模块装置可相互拼接和任意拆卸。池子宜至于地面以下,避免日光照射,与空气产生接触的蓄水设施应设置防虫网等防蚊虫措施,所集蓄的水可用作消防、绿化用水等。存在污染地区的储水设施应做好防渗措施,防止其污染地下水体。

(1) 堤岸宜采用生态堤岸。水体内植物应根据不同水深、植物特性和景观要求选择水生植物类型。水体周边应设置防止人员跌落的安全防护设施。

(2) 生活污水应排入市政污水管道,不得排入雨水调蓄设施的蓄水区。

(3) 雨水蓄水区应与道路排水系统结合设计,应特别注意上下游排水流量的衔接。出水管管径不应超过市政管道的排水能力,雨水出水口直径应小于其上游市政接驳管直径 1~2 号。

(4) 雨水出水口前应相应设置溢流口,溢流口直径应小于其上游市政接驳管直径 1 号。在雨水出水口前可设置流量控制井、调流阀等措施,按设计流量进行调节,防止由于出水口过流能力限制造成管道堵塞。

(5) 雨水出水口处需有明显标识,便于监督检查,并在相关图纸上标注。

(6) 雨水调蓄池应设置清洗、排气和除臭等附属设施及检修通道。应设检查口或检查井,检查口下方的池底设集泥坑,深度不小于 300 mm,平面尺寸应满足移动式排泥泵操作需求;当分格时,每格都应设检查口及集泥坑,池底设不小

于 5% 的坡度坡向集泥坑，检查口附近宜设给水栓。当不具备设置排泥设施或排泥确有困难时，应设搅拌冲洗管道。搅拌冲洗水源宜采用池水。

(7) 塑料模块组合水池作为雨水储存设施时，应考虑上部荷载的影响，塑料模块的竖向承载能力应大于 400kN/m^2 ，考虑模块使用期限的安全系数应大于 2.0。塑料模块水池内应具有良好的水流流动性，直径 50 mm 的颗粒能随水流流动，不堵塞，塑料模块外围包有土工布层。

(8) 雨水蓄水池计算，根据项目需控制水量，按 4.6.3 节计算。

(9) 当调蓄设施用于削减峰值流量时，调蓄量的确定应符合下列规定：应根据设计标准，通过比较雨水调蓄工程上下游的流量过程线，按下式计算：

$$V = \int_0^T [Q_i(t) - Q_0(t)] dt$$

式中：V——调蓄量或调蓄池有效容积， m^3 ；

Q_i ——调蓄设施上游设计流量， m^3/s ；

Q_0 ——调蓄设施下游设计流量， m^3/s ；

T——降雨历时，min。

当缺乏上下游流量过程线资料时，可采用脱过系数法，按下式计算：

$$V = \{-[0.65/n^{1.2} + b/T \cdot 0.5/(n+0.2) + 1.10] \cdot \log(a+0.3) + 0.215/n^{0.15}\} \cdot Q_i T$$

式中：b——暴雨强度公式参数；

n——暴雨强度公式参数；

a——脱过系数，取值为调蓄设施上游和下游设计流量之比。选取脱过系数时，调蓄设施上游的设计流量，应根据上游服务面积的雨水设计流量确定；调蓄设施下游的设计流量不用超过其下游排水设施的最大容纳能力；降雨历时不应超过编制暴雨强度公式时容纳的最大降雨历时。

(10) 调蓄设施的维护与管理应满足下列要求：当蓄水池进水口不能有效收集汇水面径流时，应加大进水口规模或进行局部下凹等。当进水口、溢流口因冲刷造成水土流失时，应设置碎石缓冲或采取其他防冲刷措施。当调蓄池进水口、溢流口堵塞或淤积导致过水不畅时，应及时清理垃圾或沉积物。当调蓄池或蓄水池

因沉淀物淤积导致蓄水能力不足时，应及时清理沉淀物。当调蓄池出现边坡坍塌时，应进行加固。调蓄池的检修、植被养护频次应为1年2次，检修时间应在雨季之前及雨季期中。蓄水池运行期间应特别注意防渗漏的问题。

6.9.6 初期弃流设施

初期雨水弃流指通过一定方法或装置将存在初期冲刷效应、污染物浓度较高的降雨初期径流予以弃除，以降低雨水的后续处理难度。弃流雨水应进行处理，如排入市政污水管网（或雨污合流管网）由污水处理厂进行集中处理等。常见的初期弃流方法包括容积法弃流、小管弃流（水流切换法）等，弃流形式包括自控弃流、渗透弃流、弃流池、雨落管弃流等。初期雨水弃流设施的典型构造如下图所示。

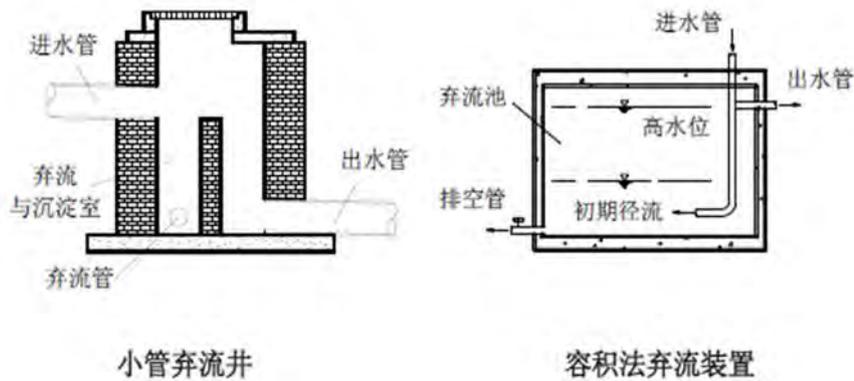


图 6-8 初期雨水弃流示意图

(1) 初期雨水弃流设施雨水弃流量应根据下垫面旱季污染物状况确定；雨水弃流池的池容积应根据收集面积、设计降雨厚度、汇水时间、收集后的用途等情况合理确定。

(2) 初期雨水弃流设施可分为成品和非成品两类：成品设施按照安装方式分为管道安装式、屋顶安装式和埋地式。管道安装式弃流装置主要分为累计雨量控制式、流量控制式等；屋顶安装式弃流装置有雨量计式等；埋地式弃流装置有弃流井、渗透弃流装置等。按控制方式又可分为自控弃流装置和非自控弃流装置；非成品设施可分为小管弃流井和弃流池。

6.9.7 雨水渗透设施

雨水渗透管、渗渠是在传统雨水排放的基础上,将雨水管改为渗透管(穿孔管),或周围回填砾石,雨水通过埋设于地下的多孔管材向四周土层渗透。渗管、渗渠可采用穿孔塑料管、无砂混凝土管/渠和砾(碎)石等材料组合而成。应满足以下要求:

- (1) 渗管、渗渠应设置植草沟、沉淀(砂)池等预处理设施;
- (2) 渗管可采用 PVC 穿孔管、PE 渗排管、无砂混凝土管等材料制成,塑料管开孔率应控制在 1~3%之间,无砂混凝土管的孔隙率应大于 20%;
- (3) 渗管坡度应满足排水要求,宜采用 0.01~0.02;
- (4) 渗管四周填充砾石或其他多孔材料,砾石层外包土工布,土工布搭接宽度不应少于 150 mm;
- (5) 渗管管沟设在车行路面下时覆土深度不应小于 700 mm。

渗井一般用成品或混凝土建造,其直径小于 1 m,井深由地质条件决定。井底距地下水位距离不能小于 1.5 m。渗井一般有两种形式,形式 1 由砂过滤包裹,井壁周边开孔,雨水经砂层过滤后渗入地下,雨水中的杂质大部被砂滤层截留。形式 2 在井内设过滤层,在过滤层以下的井壁上开孔,雨水只能通过井内过滤层后才能渗入地下,雨水中杂质大部被井内滤层截留。过滤层可采用 0.25~4 mm 石英砂,其透水性应满足 K 不小于 $1 \times 10^{-3} \text{m/s}$ 。渗井 1 比渗井 2 的滤料容易更换,更易长期保持良好的渗透性。为增大渗井渗透效果,可在深井周围设置水平渗排管,并在渗排管周围铺设砾(碎)石。渗井设计应满足以下要求:

- (1) 雨水通过渗井下渗前应通过植草沟、植被缓冲带等设施对雨水进行预处理;
- (2) 渗井的出水管的内底高程应高于进水管管内顶高程,但不应高于上游相邻井的出水管管内底高程。



图 6-9 渗井和渗渠

渗透管、渗渠与渗井的维护与管理应满足下列要求：进水口出现冲刷造成水土流失时，应设置碎石缓冲或采取其他防冲刷措施；设施内因沉积物淤积导致调蓄能力或过流能力不足时，应及时清理沉积物；当渗井调蓄空间雨水的排空时间超过 36h 时，应及时更换填料；渗井的检修频率应为每年 2 次，并应于雨季之前和雨季期中；渗管、渗渠的检修频率应为每年 1 次，且应于雨季前。

7 海绵城市规划设计评估方法

7.1 一般规定

7.1.1 海绵城市规划设计评估包括年径流总量控制率、年径流污染物去除率、防涝标准评估及雨水资源化利用水平等内容的评估。

7.1.2 海绵城市规划设计评估应采用容积法简易评估与模型校核结合的方式进行综合评估。

7.1.3 规划设计前，应首先利用模型对现场进行评估，通过 GIS 空间地理分析技术，对研究区域进行下垫面分析，获取用地分类与土壤等数据，并确定汇水分区，识别低洼地段。结合降雨、河道、管网、低影响开发设施等模块，通过模型模拟计算研究区域的现状径流总量与径流系数，评估现状问题与风险。

7.1.4 城市总体规划与控制性详细规划层次的海绵城市规划设计方案，由于各区域、地块之间存在差异，为保证控制指标的可实施性，需要进行大量的方案组合与试算，应利用模型工具实现低影响开发设施选择与建设规模等参数自动计算，并与分区、地块进行匹配。

7.1.5 修建性详细规划与设计层面的海绵城市规划设计方案，重点根据控制指标布置低影响开发设施，并结合模型进行设施组合优选。模型重点输出径流总量、污染物总量与各设施设计参数，以完成控制率核算与设施设计。

7.1.6 采用模型对规划设计方案进行校核时，须核算控制目标，并定量分析方案洪涝控制、污染控制、雨水利用、经济成本等主要方面所能达到的效果。

7.2 年径流总量控制率容积法简易评估

7.2.1 年径流总量控制率的容积法计算可按以下要求进行：

(1) 核算每个地块的年均综合雨量径流系数。计算该地块不同下垫面面积，按表 7-1 确定各下垫面的年均雨量径流系数，经加权平均得到该地块的年均综合雨量径流系数。若年均综合雨量径流系数对应的年径流总量控制率满足要求，则该地块年径流总量控制率达标。若年均综合雨量径流系数对应的年径流总量控制率不满足要求，则按 (2) - (5) 的流程进行核算。年均综合雨量径流系数与年径流总量控制率之和为 1.0。

(2) 核算每个地块的场均综合雨量径流系数。按表 7-1 确定各下垫面的场均雨量径流系数，经加权平均得到该地块的场均综合雨量径流系数。

(3) 计算每个地块不同年径流总量控制率对应的需蓄水容积。按照式 7.2.1 计算该地块不同年径流总量控制率对应的需调蓄容积。

$$V=10H\phi F \quad \text{式 7.2.1}$$

式中：

V—设计调蓄容积或需蓄水容积，m³；

H—设计降雨量, mm, 按表 4-5 选取;

ϕ —场均综合雨量径流系数;

F—汇水面积, hm^2 。

(4) 核算每个地块的可蓄水容积。

(5) 确定该地块的实际年径流总量控制率。将该地块不同年径流总量控制率所需蓄水容积与实际可蓄水容积比较, 得到该地块的实际年径流总量控制率。

(6) 区域年径流控制率核算。为该区域内每个地块年径流总量控制率的加权平均值。

7.2.2 径流系数取值宜按照下表进行取值:

表 7-1 径流系数取值

下垫面类型		雨量径流系数 ϕ	
		年均雨量径流系数 ϕ	场均雨量径流系数 ϕ
屋面	种植屋面(绿色屋顶, 基质层厚度 $\geq 300\text{mm}$)	0.30	0.40
	种植屋面(绿色屋顶, 基质层厚度 $< 300\text{mm}$)	0.40	0.50
	硬屋面、未铺石子的平屋面	0.80	0.90
	铺石子的平屋面	0.60	0.70
路面	混凝土或沥青路面及广场	0.80	0.90
	大块石等铺砌路面及广场	0.50	0.60
	沥青表面处理的碎石路面及广场	0.45	0.55
	级配碎石路面及广场	0.35	0.40
	干砌砖石或碎石路面及广场	0.35	0.40
	非铺砌的土路面	0.25	0.30
铺装	非植草类透水铺装(工程透水层厚度 $\geq 300\text{mm}$)	0.20	0.25
	非植草类透水铺装(工程透水层厚度 $< 300\text{mm}$)	0.30	0.40
	植草类透水铺装(工程透水层厚度 $\geq 300\text{mm}$)	0.06	0.08
	植草类透水铺装(工程透水层厚度 $< 300\text{mm}$)	0.12	0.15
绿地	无地上建筑绿地	0.12	0.15
	有地上建筑绿地(地上建筑覆土厚度 $\geq 500\text{mm}$)	0.15	0.20

		年均雨量径流 系数 φ	场均雨量径流 系数 φ
	有地上建筑绿地(地上建筑覆土厚度< 500mm)	0.30	0.40
水面	水面	1.00	1.00

注:表中场均雨量径流系数指雨量为30mm左右的雨量径流系数。

7.2.3 蓄水设施的蓄水容积计算应满足以下要求:

- (1) 具有渗透功能的综合设施,蓄水最大深度应根据该处设施上沿高程最低处确定;
- (2) 用于接纳初始阶段降雨的雨水罐、雨水池等,可蓄水容积应结合所蓄雨水的利用安排确定,雨前不能及时排空的容积不应计入年径流总量控制率的蓄水容积;
- (3) 每处设施计入总调蓄容积不应大于设计降雨量下其汇水面内的实际降雨径流量。
- (4) 每处设施计入总调蓄容积应不大于一个周期内排放量、水体渗透量、水面蒸发量和回用量之和,其中排放量根据可排空的体积确定,回用量根据实际回用水量确定,水体渗透量和水面蒸发量计算确定。一般取一个周期24h。

7.2.4 水体渗透量确定方法:

$$W_s = \alpha K J A_s t_s$$

式中 W_s ——渗透设施, m^3 ;

α ——综合安全系数,一般取0.5-0.6;

J ——水力坡降,一般取1;

A_s ——有效渗透面积, m^2 ;

t_s ——渗透时间, s, 一般取24h;

K ——土壤渗透系数, m/s。

7.2.5 水面蒸发量确定方法:

- (1) 水面蒸发量应根据实测数据确定;
- (2) 当实测数据缺乏时, 可按照下式计算:

$$Q_{zh}=52.0S (P_m-P_a)(1+0.135V_{md})$$

式中 Q_{zh} ——水池的水面蒸发量, L/d;

S ——水池的表面积, m^2 ;

P_m ——水面温度下的饱和蒸汽压, Pa;

P_a ——空气的蒸汽分压, Pa;

V_{md} ——日平均风速, m/s。

(3) 水面蒸发水量也可采用多年平均逐月蒸发量确定(珠海市多年平均蒸发量约 1609.4mm)。

珠海近 30 年月平均蒸发量见下表。

表 7-2 珠海市近 30 年月平均蒸发量 (mm)

年份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1986~2015	96.5	80.0	89.0	106.6	141.4	151.7	180.2	171.4	171.0	176.1	132.6	112.9

7.3 年径流污染去除率简易评估

7.3.1 统计不同低影响开发设施面积,通过式 7.2.1 式计算不同低影响开发设施调蓄容积,乘以表 6-1 不同设施污染物去除率,将不同低影响开发设施去除率乘积相加,除以总调蓄容积,得出地块(或区域)低影响开发设施加权平均去除率,再乘以年径流总量控制率,得出整体年径流污染去除率。

7.3.2 确定具体设施的污染物去除率时,需要根据设施特点,结合当地条件进行专门研究后提出,当条件不具备时,可按照表 6-1 取值。

7.4 排水防涝标准评估

7.4.1 排水防涝标准的评估应包括管网评估和综合防涝水平的评估。

7.4.2 管网评估和综合防涝水平的评估应按现有规范和标准的核算方法进行。

7.5 雨水资源化利用水平的简易评估

7.5.1 雨水资源化利用水平的评估主要包括绿化浇灌、道路浇洒和其他生态用水总量的核算及实际设计利用量的核算。

7.5.2 绿化灌溉年均用水定额按表 7-3 取值。

表 7-3 绿化灌溉年均用水定额

绿化种类	一级养护	二级养护	三级养护
用水定额 (m ³ /m ²)	0.22	0.16	0.11

7.5.3 道路广场浇洒用水定额根据路面性质按表 7-4 取值。

表 7-4 道路广场浇洒用水定额

路面性质	碎石路面	土路面	水泥或沥青路面
用水定额 (m ³ /m ²)	0.40-0.70	1.00-1.50	0.20-0.50

7.5.4 其他生态用水量主要包括维持水系生态环境需要的补水量，一般为水系蒸发量和下渗量之和与水系设计常水位和设计最低水位之间蓄水量的差值。

8 监测与绩效考核

8.1 一般规定

8.1.1 建立海绵设施的监测评估制度，制定相关工作规程，配备相关人员，原则上每年开展一次评估，并组织专家评审。

8.1.2 应加强降雨、河流水系控制点的水位、流量、水质、排水管网控制点水位、流量、城市不同用地类型初期雨水水质、典型排水口水量水质、地下水位等监测，并做好监测资料的整理、汇总、分析、评估、归档和发布。

8.1.3 合理布局监测点，布置监测设施，明确相关监测指标及监测仪器要求。

8.1.4 建立考核机制，健全考核体系。明确考核机构、考核对象、考核内容及考核方式，加强对海绵城市建设的绩效考核。

8.2 监测系统建设

为建立完善的监测和预警体系，支持海绵城市建设与评估考核，应在源头设施、排水管网、接纳水体、排口等要素选择适宜的监测点，安装在线雨量计、在线液位计、在线超声波流量计、在线 SS 检测仪等设备，构建监测网络。

8.3 考核方法

- 8.3.1 在规划设计、建设、运营等不同阶段进行全方位的动态考核，通过全过程控制保障海绵城市建设理念的落实与推广。
- 8.3.2 在规划设计阶段，采用模型辅助模拟和设计方案的图纸审查等方式进行考核，同时开展背景监测，作为背景与基准值。
- 8.3.3 在建设施工阶段，采用项目建设方填报表格上报，政府部门随机抽查的模式进行考核，同时在建设过程中积累过程监测数据和重要节点建设照片，作为过程验证与考核依据。
- 8.3.4 在运行管理阶段，采用监测的方式进行考核，运行监测数据作为管理与绩效考核的计算依据。通过流域-地块-LID 设施的三级监测，构建“源头-过程-终端”全过程监测，支持关键指标年径流总量控制率的逐级追溯，实现目标的自上而下分解与自下而上反馈。

8.4 监测平台建设

- 8.4.1 按照国家海绵城市建设相关规范要求，珠海市所面临的水安全、水生态、水环境和水资源问题及海绵城市建设目标，应综合应用地理信息、云计算、在线监测、自动化控制、计算机模型等技术建设海绵城市规划、设计、工程建设、运营调度、管理养护的智慧化。

- 8.4.2 利用地理信息系统，建立海绵设施从总体工程布局、区域海绵系统、到局部海绵设施、再到设施相关数据的查询和展示平台，实现全部海绵设施从总体到局部在一张图上的查询和浏览。
- 8.4.3 以实际问题为导向，海绵城市考核指标为核心，建立基于地理信息系统的海绵城市监测评估系统，实现实时监测和动态评估。
- 8.4.4 平台以海绵城市信息采集管理与共享应用为核心，实现规划设计、建设及运营管理过程数据的电子化管理，实现设计方案的辅助评估，记录海绵城市工程设计、建设和养护过程的全部重要信息，建立隐蔽性工程建设过程可追溯机制，保障设施高效运行。

附录一：海绵城市规划设计中的模型应用

海绵城市的核心是水的循环，水循环是生态环境最复杂的过程之一，受到极多因子的综合影响。从研究对象的不同可分为水文学和水力学两大类型。研究水循环的时空分布的科学称之为水文学(Hydrology)，研究水体自身的运动规律及其工程应用的称为水力学(hydraulics)。由于水循环的复杂性，需用数学和物理方法，构建水文和水力模型，进行精确分析和评估。

应用于海绵城市范畴的模型主要围绕模拟城市及围绕城市的自然流域的降雨、产汇流、陆表沉积污染物的产生和迁移过程、雨水滞蓄等一系列内容，用以支撑海绵城市规划、设计和运行管理的科学决策。

1.1 模型选取

1.1.1 常规模型简介

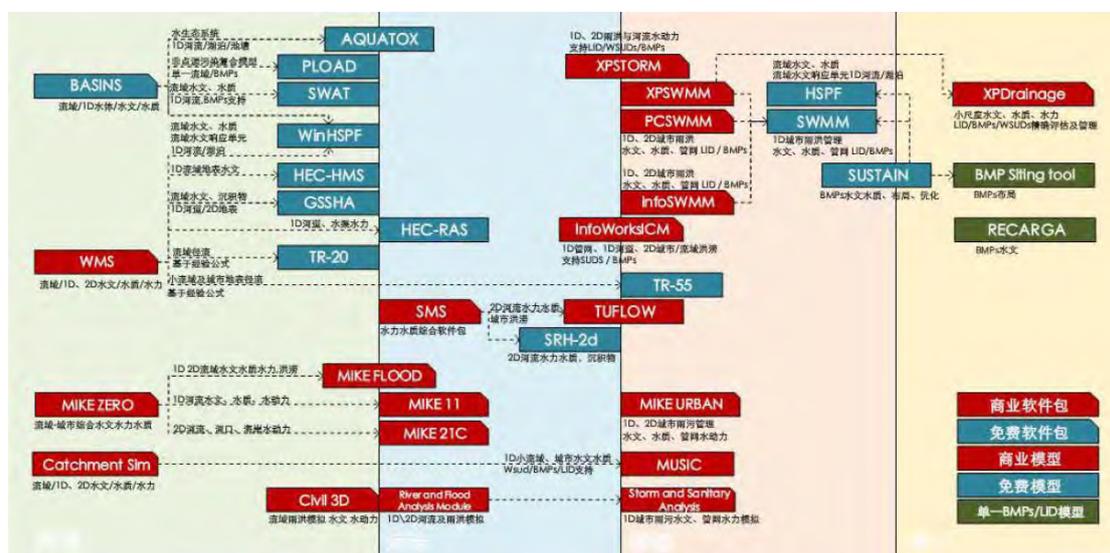


图 1-1 海绵城市水文模型图解

模型计算会产生大量以复杂形式存储的计算结果，地理信息系统(GIS)技术的发展为模型模拟可视化提供了强有力的技术支持，将复杂数据图形化，方便

了用户对模拟结果进行直观的理解和分析。目前,国内外有众多的基于 GIS 的排水管网模拟软件供使用者选择。包括暴雨管理模型 (SWMM)、储存处理和漫流模型 (Storage Treatment Overflow Runoff Model, STORM) 等共享软件,以及 DHI MIKE 系列、Wallingford 城市综合流域排水模型系统 (Info Works ICM)、eWater MUSIC (Model for Urban Stormwater Improvement Conceptualisation)、XPdrainage 等大量商业软件。

SWMM 模型是一个对城市区域排水系统的水量和水质变化规律进行综合模拟分析的模型。采用非线性水库模型模拟地表径流,圣维南方程演算管网的输送过程,累积-冲刷模式模拟地表径流的污染。SWMM 模型可用于城市区域降雨径流、合流制管道、污水管道和其它排水系统的规划设计、情景分析和方案评估等多个方面,包括为控制城市内涝而设置各类排水设施的选择与设计、为减少合流制管网溢流 (Combined Sewer Overflow, 简称 CSO) 而制定管理策略、为掌握入流和入渗对污水管溢流的影响而进行系统评估、为开展城市非点源污染研究以减少雨季非点源污染负荷而制定控制措施等。在基础数据满足建模要求的前提下,SWMM 模型也可应用于非城市区域的分析与模拟。

STORM 模型是由美国陆军工程兵团水文工程中心开发,能够模拟城市或农村地区的地表径流和污染物负荷等对降雨的响应,既可进行单场降雨模拟,也可用于以小时为时间步长的连续模拟,一般用于工程规划中对流域长期径流过程的模拟。该模型可以模拟径流、蓄水、溢流、污染物去除和土壤侵蚀等过程。在进行径流模拟时,根据地表特性将汇水区分为透水区和不透水区,径流量的计算可利用径流系数法和径流曲线数值 (curve number, 简称 CN) 法,或将两种方法进行组合,在不透水区采用径流系数法,而在透水区采用 CN 法。采用径流系数法时,径流量可视为降雨量减去截流量的线性函数,不透水区所占比例、透水区和不透水区的径流系数等均是可变的参数。采用 CN 法时,根据土壤的类别和土地利用特征等资料,可通过 CN 值计算出土壤的潜在蓄水量 (potential storage)。利用 STORM 模型可计算出一系列水质参数 (如可悬浮/可沉淀固体、BOD、总氮、总磷和总大肠杆菌) 的浓度和负荷,从而为控制降雨径流和土壤侵蚀的存储和处理设施的尺寸设计提供数据支持。同时,由于该模型的径流估算采用经验公式,

也可计算非城市区域的地表冲刷过程。

MUSIC 模型由澳大利亚政府水服务机构 eWater 和 Monash University 为澳大利亚水敏感城市(WSUD) 开发。模型将流域分解成一系列由排水渠道相连的节点。流域包含一系列源节点的子流域，默认的源节点按土地利用分为城市、农业，森林是 3 种类型可以快速的模拟池塘、植物、下渗缓冲区、沉积区、污染物沉淀池、湿地以及洼地等暴雨控制设施，提供完整的 LID/BMPs 支持。针对澳大利亚各城市和郡县的不同气候、土壤和建设状况建立专用的基础数据库，提供完善的水敏感城市建设导则，计算低影响开发设施的经济效益。

1.1.2 模型选取

根据海绵城市的基本内涵：城市雨洪管理和利用、水体和流域的保护、修复和可持续发展，低影响开发设施的建设。按照模型的广泛应用程度、运行结果精准度、数据处理的完善度等多维度标准，将适用于海绵城市的水文模型按地块、城镇以及与城镇密切相关的流域尺度三种尺度分类，以便技术人员参考选取。

（1）地块尺度

地块尺度的水文模型注重低影响开发设施的具体实施，模拟、分析和评估各类设施的空间分布、效能、环境影响及经济效益，与海绵城市设计工作结合最为密切。

适用于地块尺度海绵城市水文模型可分为两大类型：单体模型和综合分析模型。其中单体模型专门注重于模拟、分析和评估单一或成组低影响开发设施水文和水质效能的模型，如美国社区技术中心（The Center for Neighborhood Technology, "CNT"）开发的绿植雨水计算器 Green Valucs Stormwater Calculator，此类模型功能较为单一，适用面较小，可供低影响开发设施的科研人员选择；综合分析模型更侧重于小尺度区域雨洪分析、设施间的水文输送、低影响开发设施的水文效能、空间布局规模分析优化等综合功能。如美国环保署（EPA）开发的暴雨管理模型 SWMM（Storm Water Management Model），在地块尺度的海绵城市设计中较为常用。

(2) 城镇尺度

城镇尺度的水文模型注重城镇水文系统的时空变化,重点分析汇水区地表产汇流及入渗、城市洪涝区域、有机物和污染物扩散、城市雨洪管网系统负荷规划和系统设计、城市河道的洪涝威胁、低影响开发设施的空间分布、类型和规模等,可同时适用于海绵城市的规划与设计工作。

典型代表如美国环保署(EPA)开发的暴雨管理模型 SWMM (Storm Water Management Model)、英国 innovyze 公司开发的 Infoworks ICM、丹麦水力学研究所(DHI)开发的 MIKE URBAN、澳大利亚政府水服务机构 eWater 和 Monash University 为澳大利亚水敏感城市(WSUD)开发的 MUSIC (Model for Urban Stormwater Improvement Conceptualization)等,目前前三者在国内应用较普遍。

(3) 流域尺度

流域尺度的水文模型注重整体水生态、水环境的安全格局,重点在于流域划分、区域地表径流及洪涝预测、非点源污染的扩散迁移和水生态系统的影响等。

代表性模型有美国环保署(EPA)开发的暴雨管理模型 SWMM (Storm Water Management Model)、美国农业部农业研究中心(USDA-ARS)开发的 SWAT (Soil and Water Assessment Tool),美国陆军工程师兵团水文工程中心(HEC)发布的 HEC-1(HMS)、美国 Brigham Young 大学环境模型实验室(EMRL)与美国陆军工程师兵团水方法实验室(USACE)开发的 WMS (Watershed Modeling System)等,其中国内应用较为广泛的是 SWMM 与 SWAT (建议使用 SWMM)。

1.2 模型构建

1.2.1 数据收集

(1) 数据需求

数据的准确与完整是模型构建的基础。低影响开发模型所需主要数据内容和类型如下表,也可参考《城市排水防涝设施普查数据采集与管理技术导则》(建

城[2013]88号)以及相应模型说明文档。

表 1-1 模型数据类型及用途

类别	数据名称	详细内容	用途
气象数据	降雨数据	降雨强度、降雨量、降雨历时	确定降雨过程曲线
	蒸发数据	蒸发量、蒸发速率	确定汇水区地表水、地下水、蓄水设施中的蒸发量
下垫面数据	现状下垫面数据	土地利用状况	分析汇水区的不透水区比例、洼地蓄积量等参数 确定排水出路及接纳水体
		土壤渗透属性	
		河湖水面情况	
	数字高程模型 (DEM)	地表高程信息	识别汇水区，提取坡度、坡向等属性
	土地利用规划	城市总体规划或详细规划的土地利用规划图	规划模型汇水区划分与参数设定
道路与场地竖向规划	城市总体规划或详细规划的道路与场地竖向规划图		
管网/构筑物数据	排水管网数据	节点（检查井、雨水口、排放口、闸、阀、泵站、调蓄池）、管线（排水管、排水渠）的数据	构建管网拓扑关系
	排水设施性能数据	水泵曲线、调蓄设施蓄水曲线等	描述排水设施（水泵、调蓄设施等）的性能和调控参数
	低影响开发设施数据	类型、位置、尺寸、进出流量、调蓄容积、污染物去除效率等	完善与管网等设施拓扑关系、描述低影响开发设施性能
监测数据	流量监测数据	管网/设施液位、流量监测数据	率定和验证模型参数
	水质监测数据	河湖、管网、设施水质监测数据（COD、TP、TN、SS等）	率定和验证模型参数 确定水质控制目标
	水量使用数据	供用水情况、排水情况	确定水量控制目标
其他数据	规划文本	城市总体规划、详细规划及相关规划的文本资料	设定规划情景下的模型相关参数
	工程造价	各类设施基础造价	优化设施组合
	其他	各类相关数据	-

(2) 数据精度

根据不同规划设计尺度，模型所需要的数据精度也不尽相同，保证精确性的同时，应兼顾模型运行的稳定性与经济性。数据精度推荐如下。

表 1-2 模型数据精度要求

设计阶段	推荐精度
总体规划阶段	1:5000~1:10000
控制性详细规划阶段	1:500~1:1000
修建性详细规划阶段	1:100~1:500
施工设计阶段	1:100~1:500
专项规划阶段	1:100~1:1000

1.2.2 模型建立

（1）数据整理

按模型数据格式需求，将收集数据进行数字化整理，并转换为模型可识别的类型。

（2）数据输入

不同类型数据通过坐标校正、分层处理后输入模型，并对河网、下垫面、管网、低影响开发设施等模块进行连接。

（3）拓扑关系检查

数据整理转换完成后，需进行数据准确性以及拓扑关系检查。主要包括管网、河湖水系、低影响开发设施以及相互之间相对位置与连接关系检查。

以管网拓扑关系检查为例，在管网模型中对管线错接、节点空间位置偏移、管线反向、连接管线缺失、管线逆坡、环状管网或断头管、管线重复、管线中间断开等常见拓扑问题进行核查，对于存在拓扑错误的区域需要及时进行现场补测和重新勘察，保证排水管网数据的有效性和真实性。在数据校核后，将数据处理为模拟软件需要的输入文件格式。

1.2.3 参数的验证率定

(1) 确定性参数

对于管长、管径、地形等确定性参数,通过现场实测等手段验证所收集整理数据的可靠性。

(2) 不确定参数

针对难以测量,资料缺失的参数,可通过研究区域的大量相关数据,结合经验进行参数取值范围的设定,并通过模型结果与实际结果进行对比识别与率定参数,以使模型更加真实的反映排水管网的排水规律。

(3) 参数率定

参数率定是将模型计算结果与实测数据比较以优化参数的过程,基于建模数据的准确度和模拟分析的精度要求,需事先确定合适的初始参数与评价准则。一般采用人工试错法以及基于优化思想的参数自动优化方法。对于多参数组合情况,推荐采用参数自动优选法,并利用多个目标函数进行多目标决策分析,提高模拟结果的可靠性。

附录二： 相关参考文献、资料

相关规范：

GB50014 室外排水设计规范

GB50015 建筑给水排水设计规范

GB50400 建筑与小区雨水利用技术规范

GB50318 城市排水工程规划规范

GB50513 城市水系规划规范

GB51174 城镇内涝防治技术规范

相关规划、研究：

《珠海市城市总体规划（2001-2020）2015年修订》

《珠海市海绵城市专项规划》

《珠海市城区排水（雨水）防涝综合规划（2013-2020）》

《珠海市河湖水系低影响开发专项规划》

《珠海市绿地低影响开发专项规划》

《珠海市道路交通低影响开发专项规划》

《珠海市海绵城市排水专项规划（2015-2020）》

《珠海市给水工程系统规划（2006-2020）修编》

《珠海市污水系统专项规划（2006-2020）修编》

《珠海市海绵城市建筑规划设计细则》

相关文件：

《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》

《住房和城乡建设部办公厅关于印发海绵城市建设绩效评价与考核办法（试行）的通知》

《住房和城乡建设部关于印发海绵城市专项规划编制暂行规定的通知》

《广东省人民政府办公厅关于推进海绵城市建设的实施意见》

《珠海市人民政府办公室关于印发珠海市海绵城市建设及试点实施方案的通知》

《海绵城市建设技术指南—低影响开发雨水系统构建（试行）》

《武汉市海绵城市规划设计导则》

《江苏省海绵城市建设导则》

附录三：公开出让建设用地规划条件（增低影响开发规划控制指标）

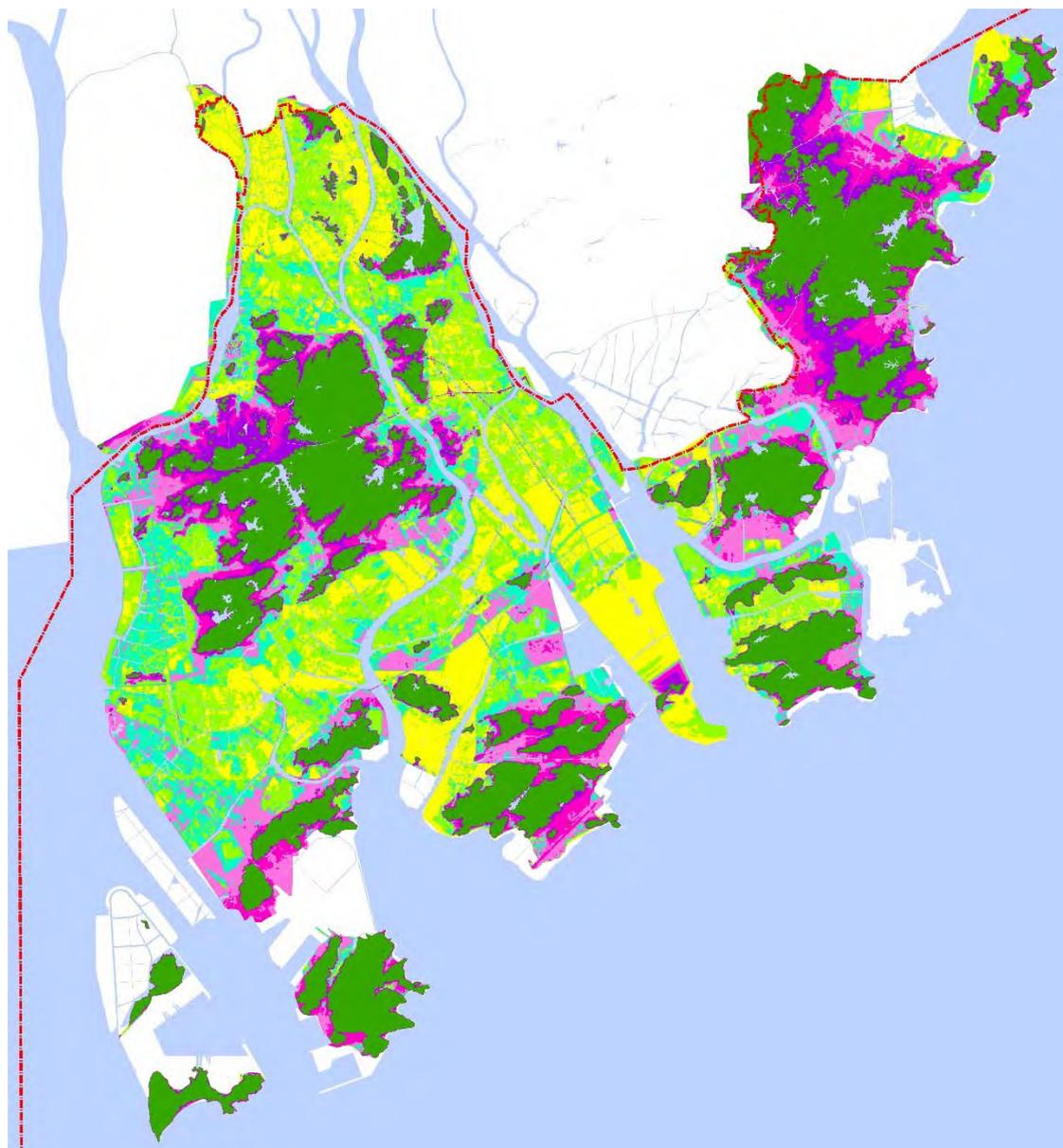
用地名称					
用地位置				用地性质	
用地面积				建设规模	
规划控制指标	容积率			绿地率	
	建筑密度			停车位	
	建筑限高				
配套公共建筑或设施	项目	数量	用地面积	建筑面积	备注
	本项目配套服务设施的移交管理应按照《关于进一步加强居住小区公共配套服务设施规划、建设和移交管理的通知》（珠规建管[2015]11号）规定执行。				
用地规划要求					

<p>城市设计规划要求</p>			
<p>建筑设计要求</p>			
<p>海绵设计</p>	<p>控制指标</p>	<p>年径流总量控制率</p>	
		<p>年径流污染去除率</p>	

市政规划要求	1、车行路口数量与位置：				
	2、其他要求：				
	1、给水接口：				
	2、雨水接口：				
	3、污水接口：				
	4、其他要求：				
	1、电 力：				
2、其他要求：					
套市	1、通 信：				
	2、其他要求：				
	1、燃气：；				
设政 施配	2、其他要求：				
	场地排水：				
	项目	数量	用地面积	建筑面积	备注

	注意：
备注	

附录四：珠海市现状高程图



附录五：珠海市现状坡度图

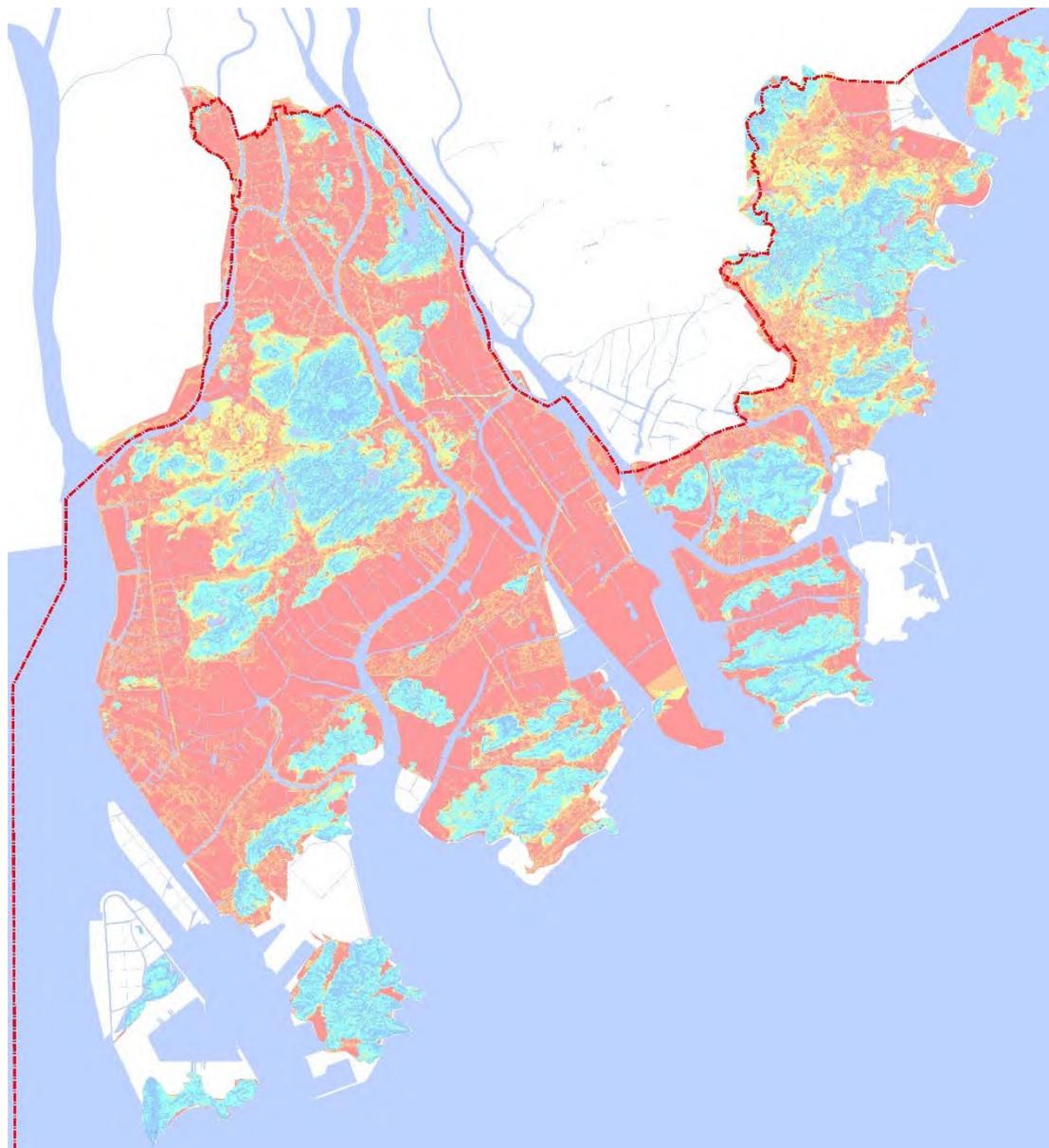
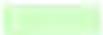


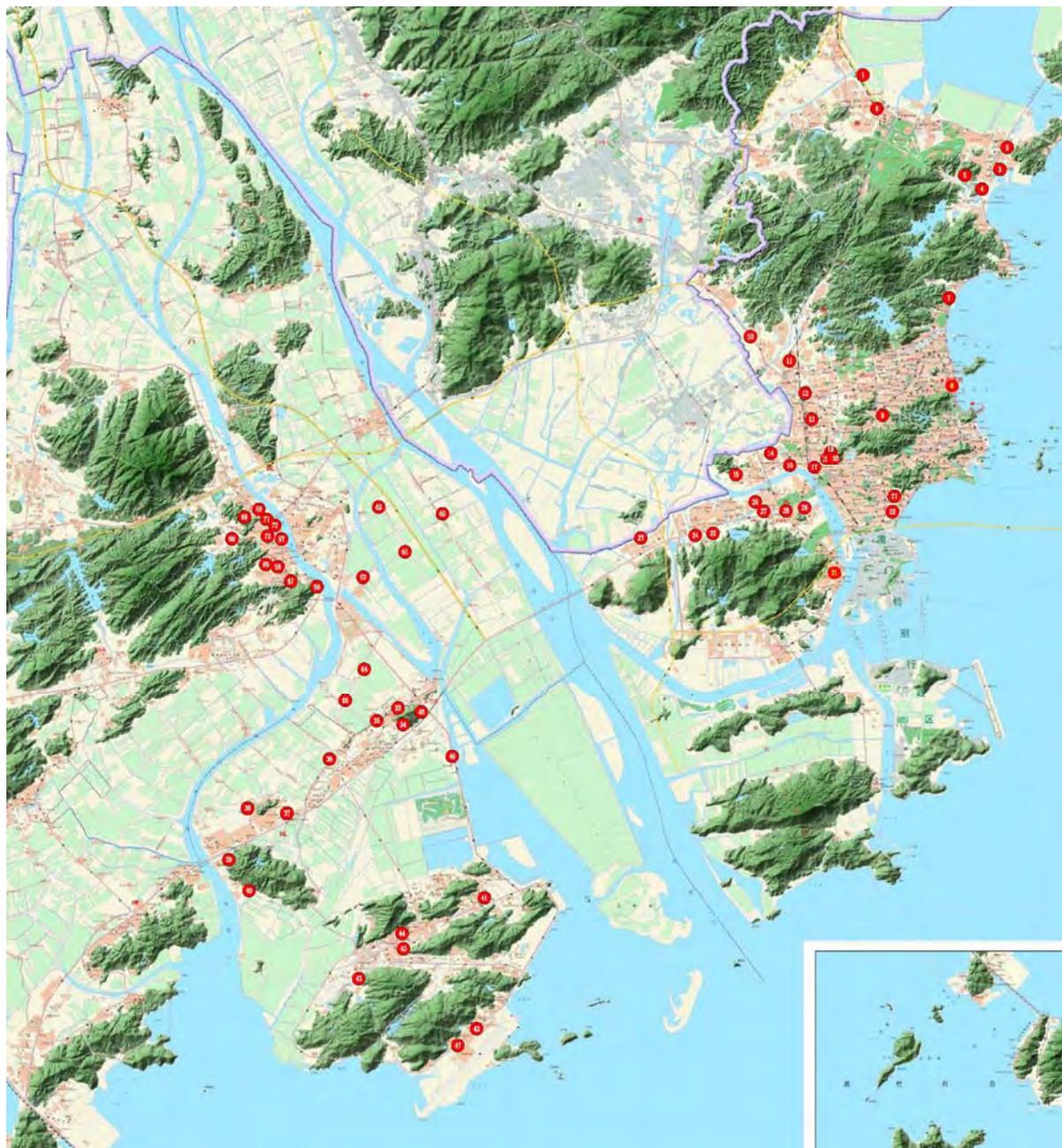
图 例		坡度0°-0.3°		坡度5°-10°		坡度50°-83°
		坡度0.3°-2°		坡度10°-25°		水域
		坡度2°-5°		坡度25°-50°		

附录六：珠海市水浸黑点分布及其汇水范围一览

珠海市水浸黑点一览表(2015年调研数据)

编号	辖区	水浸地点	编号	辖区	水浸地点
1	高新区	上栅田地	37	金湾区	金银商都片
2		丁埗园水浸	38		小林旧城区
3		华发蔚蓝堡(情侣北路)	39		矿山三连、四连片
4		白埔路口	40		矿山砖厂片
5		山房路内涝	41		金海岸城区
6		拱星三巷内涝	42		海澄村的田心及根竹园村
7	香洲区	十八小学	43		鱼林村前锋、卫国、红星、东升
8		海霞新村	44		鱼月村月堂、鱼塘、列圣、企沙
9		柠溪下金溪路口	45		三灶社区的三灶街
10		105国道东北侧	46		保利香槟至八达加油站
11		南洋坡	47		金湾交警大队至阳光酒店路段
12		上冲村居委会周边	48		金湾互通立交西侧便道
13		翠微旧村	49		珠海大道电厂路口
14		造贝旧村	50		电厂南路及石化七路路口
15		格力仓和旧村一带/南沙湾村	51	石化五路、石化六路路口	
16		岱山路珠海可口可乐饮料公司段	52	连岛大堤至铁路线间	
17		岱山旧码头村	53	高栏村中心沟	
18		美漫家具城两旁	54	珠海大道下金龙至南港西路	
19		米兰集团瑞华大厦周围	55	南水车站十字路口	
20		高奇街五矿宿舍门口一带路面	56	西堤南路(光记酒楼)	
21		联安村豪东南街	57	滨江路	
22		拱北市场、莲花路、粤华路116号金海佳逸酒店水淹大堂,莲花路交粤华路	58	井湾路南段 (含江湾三路井岸医院门口)	
23		合胜街	59	北澳新鸿酒店门口至北澳市场	
24		广生五、六队	60	灯笼村	
25		河排街	61	昭信村	
26	十二旧小学、正街一、二、三巷	62	桅夹村		
27	新市街、西大街、南闸街、曲江街、长巷街、中横街、卓斋街、居安街	63	东湖村		
28	北山正街北一巷至五巷	64	群兴社区		
29	东桥二街	65	团结社区		
30	东桥工业区	66	实验中学门口		
31	中盛路	67	井湾路南段(含井岸医院门口)		
32	碑口村	68	龙井路三小门口		
33	金湾区	藤山一路至昌盛花园	69	南华路南潮牌坊门口	
34	广安路周边	70	井岸镇胜利巷		
35	藤山二路水浸街	71	渡江路与中兴路交叉口		

编号	辖区	水浸地点	编号	辖区	水浸地点
36		三板四连片	72		港霞东路与中兴路交叉口



珠海市水浸黑点分布图



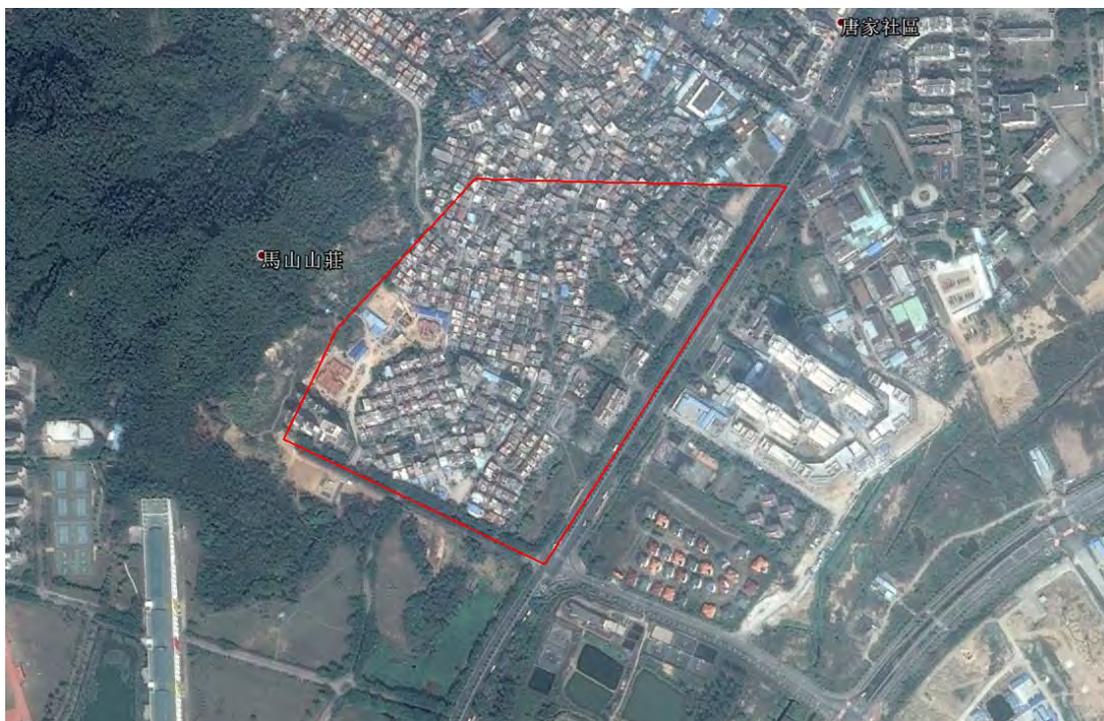
01 上栅田（港湾大道附近）水浸黑点汇水范围



02 丁婢园水浸黑点汇水范围



03 情侣北路水浸黑点汇水范围



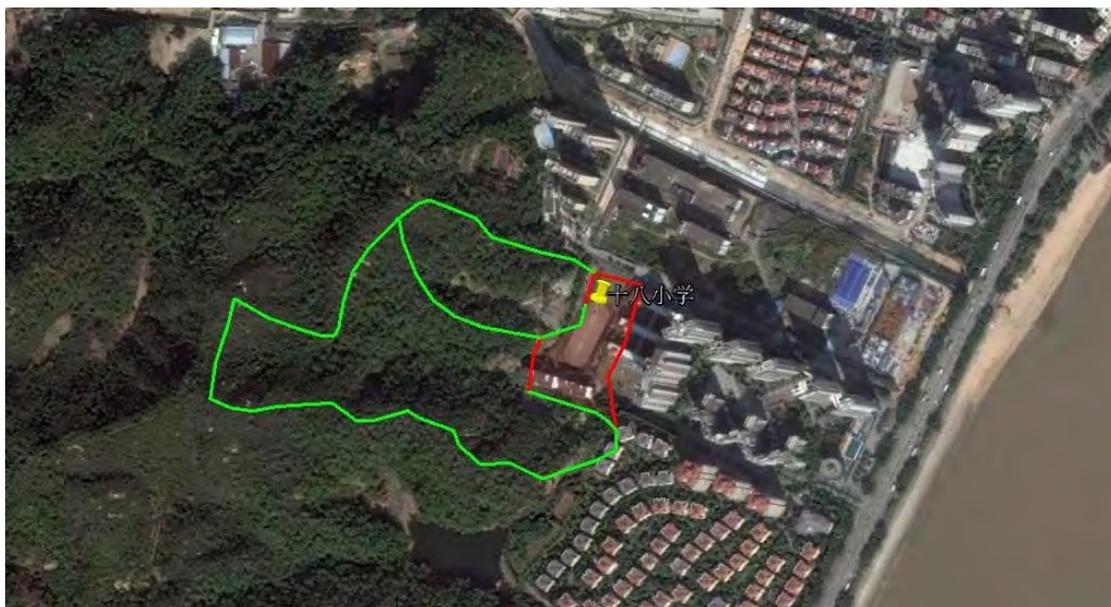
04 白埔路水浸黑点汇水范围



05 山房路水浸黑点汇水范围



06 拱星三巷水浸黑点汇水范围



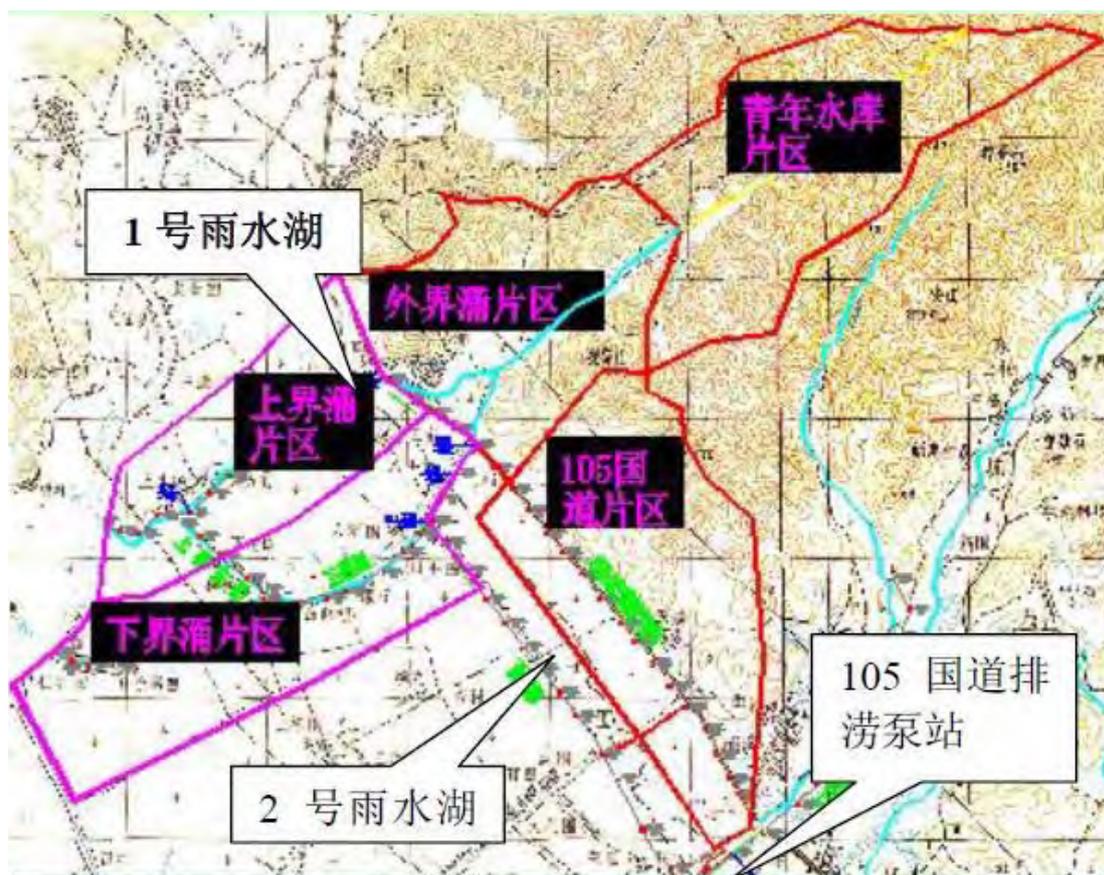
07 十八小学水浸黑点汇水范围



08 海霞新村水浸黑点汇水范围



09 下金溪花园水浸黑点汇水范围



10 105 国道东北侧水浸黑点汇水范围



11 南洋坡水浸黑点汇水范围



12 上冲社区居委会水浸黑点汇水范围



13 翠微旧村水浸黑点汇水范围



14 造贝旧村水浸黑点汇水范围



15 南沙湾村水浸黑点汇水范围



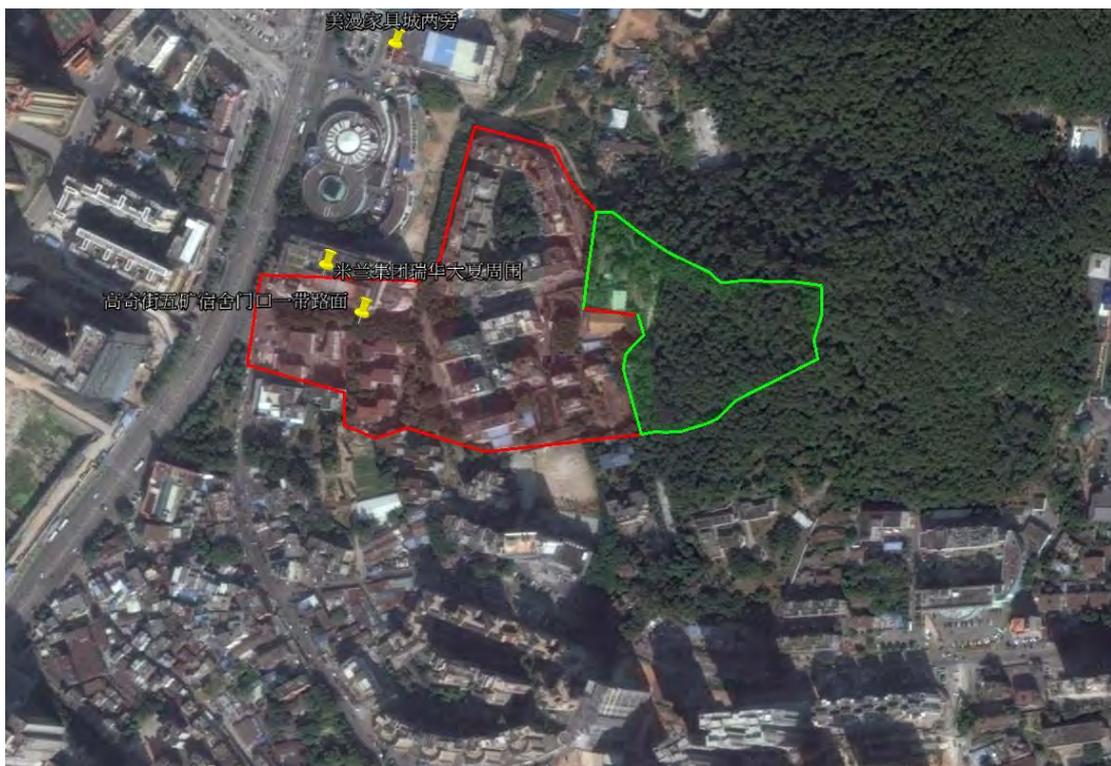
16 岱山路可口可乐公司段水浸黑点汇水范围



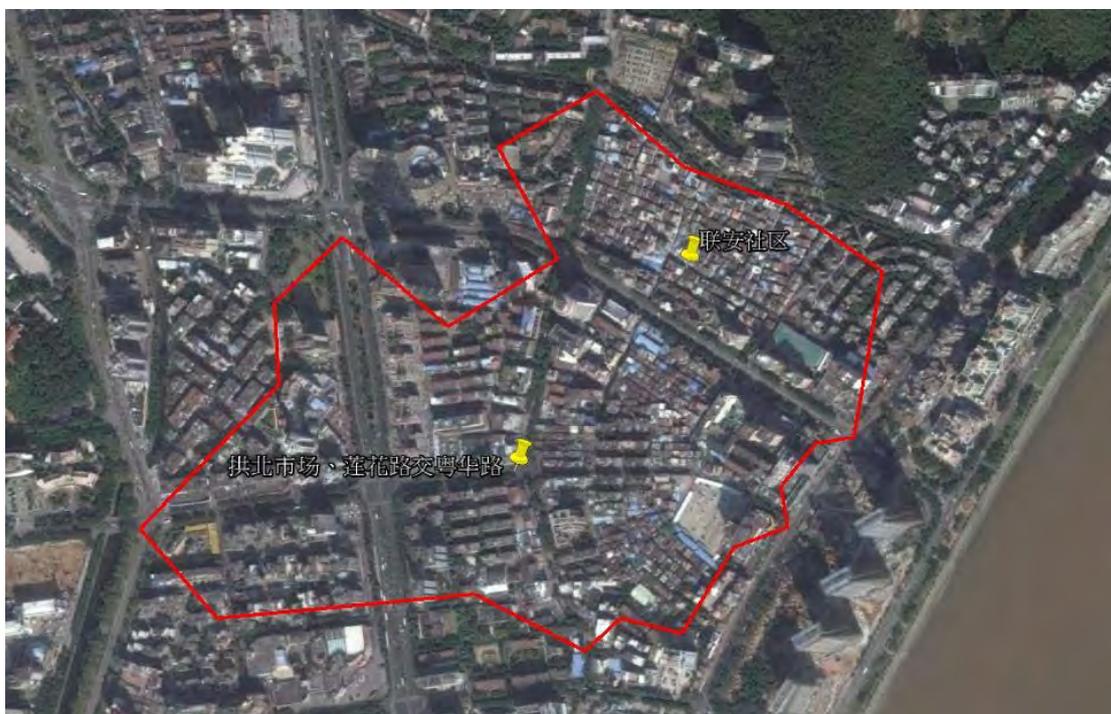
17 岱山旧码头村水浸黑点汇水范围



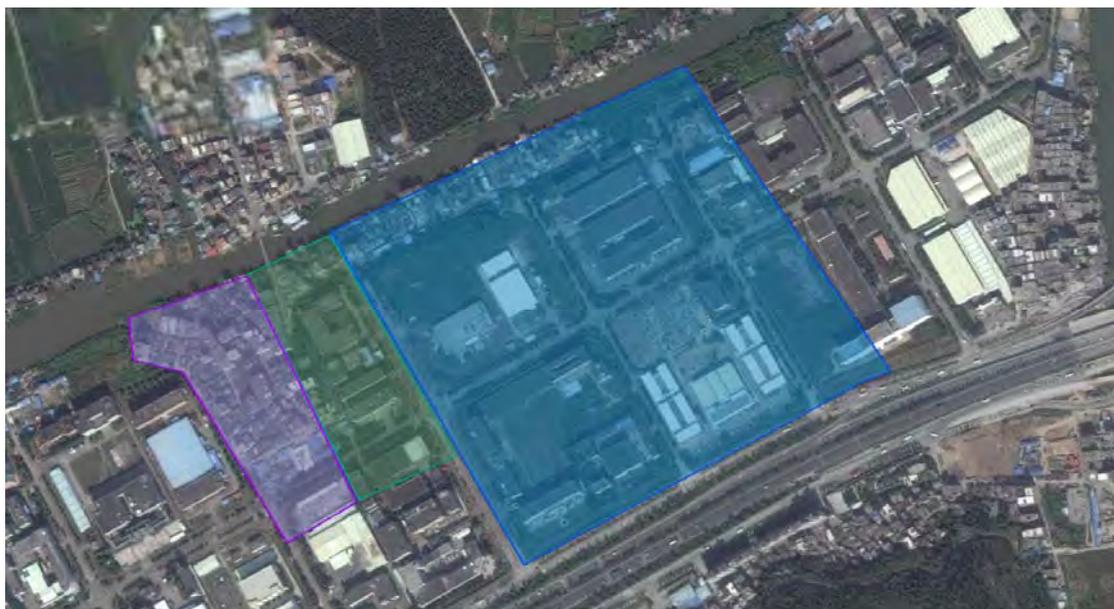
18 美漫家具城两旁水浸黑点汇水范围



19 米兰集团瑞华大厦周围、20 高奇街五矿宿舍门口一带路面
水浸黑点汇水范围



21 联安村豪东南街、22 拱北市场、莲花路周边
水浸黑点汇水范围



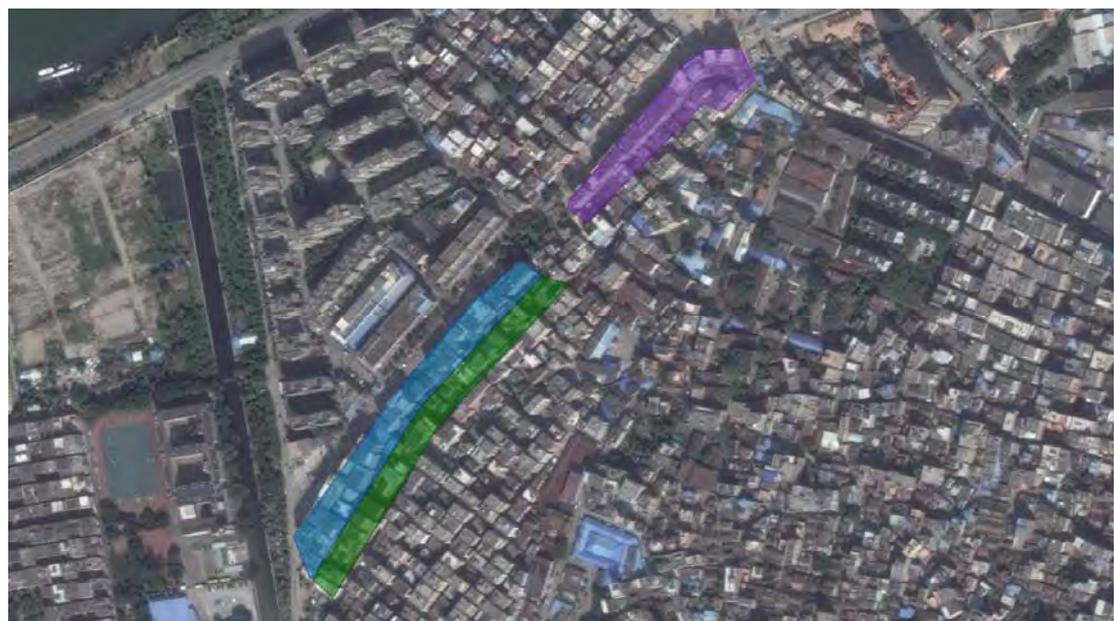
23 合胜街水浸黑点汇水范围



24 广生五、六队水浸黑点汇水范围



25 河排街水浸黑点汇水范围



26 十二旧小学、正街一、二、三巷水浸黑点汇水范围



27 新市街、西大街、南闸街、曲江街、长巷街、中横街、卓斋街、居安街
水浸黑点汇水范围



28 北山正街北一巷至五巷水浸黑点汇水范围



29 东桥二街、30 东桥工业区
水浸黑点汇水范围



31 中盛路水浸黑点汇水范围



32 碑口村水浸黑点汇水范围



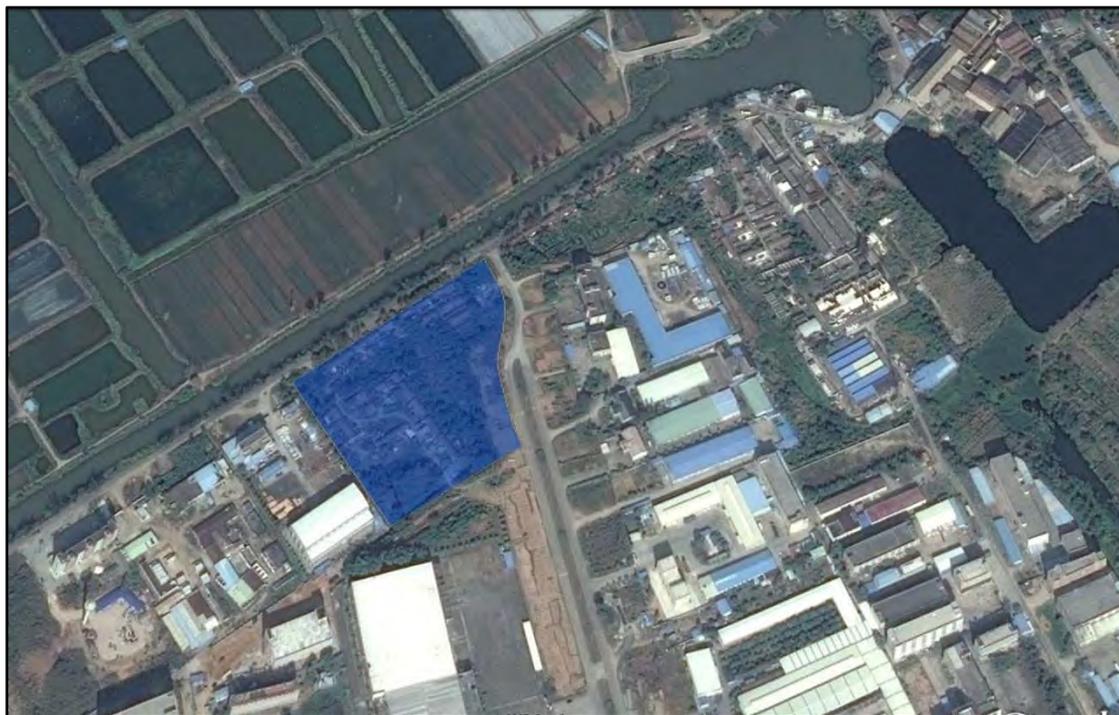
33 藤山一路至昌盛花园水浸黑点汇水范围



34 广安路周边水浸黑点汇水范围



35 藤山二路水浸街水浸黑点汇水范围



36 三板四连片水浸黑点汇水范围



37 金銀商都片水浸黑点汇水范围



38 小林旧城区水浸黑点汇水范围



39 矿山三连、四连片水浸黑点汇水范围



40 矿山砖厂片水浸黑点汇水范围



41 金海岸城区水浸黑点汇水范围



42 海澄村的田心及根竹园村水浸黑点汇水范围



43 鱼林村前锋、卫国、红星、东升水浸黑点汇水范围



44 鱼月村月堂、鱼塘、列圣、企沙水浸黑点汇水范围



45 三灶社区的三灶街水浸黑点汇水范围



46 保利香槟至八达加油站水浸黑点汇水范围



47 金湾交警大队至阳光酒店路段水浸黑点汇水范围



48 金湾互通立交西侧便道水浸黑点汇水范围



49 珠海大道电厂路口水浸黑点汇水范围



50 电厂南路及石化七路路口水浸黑点汇水范围



51 石化五路、石化六路路口、52 连岛大堤至铁路线间
水浸黑点汇水范围



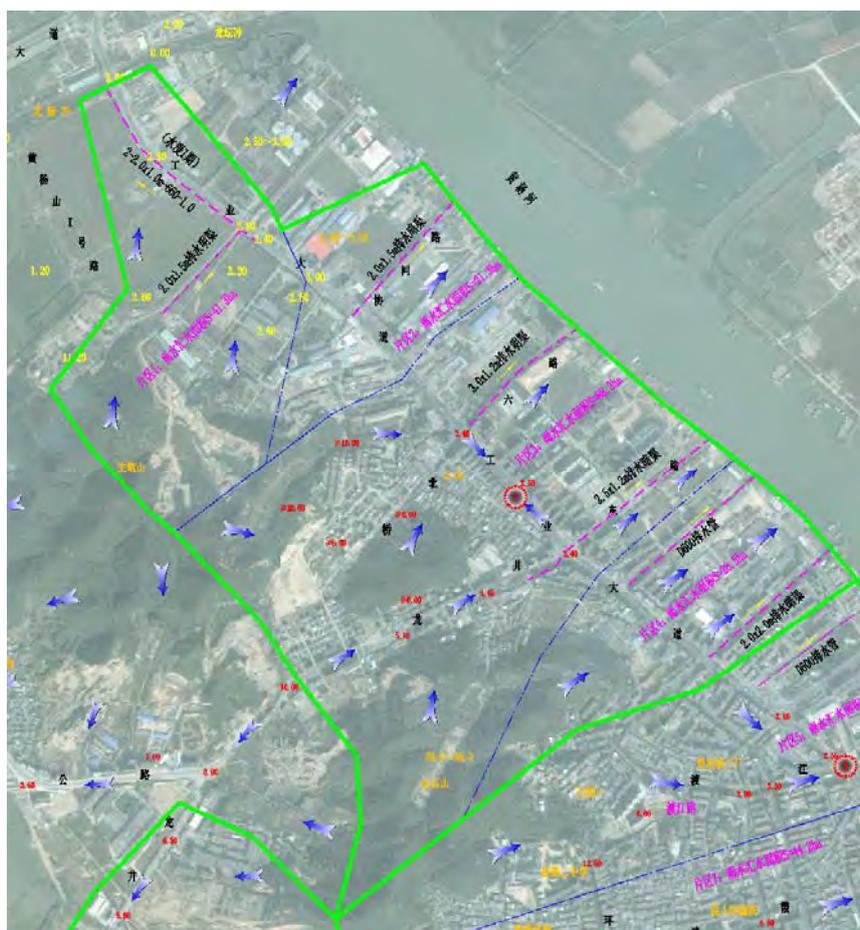
53 高栏村中心沟水浸黑点汇水范围



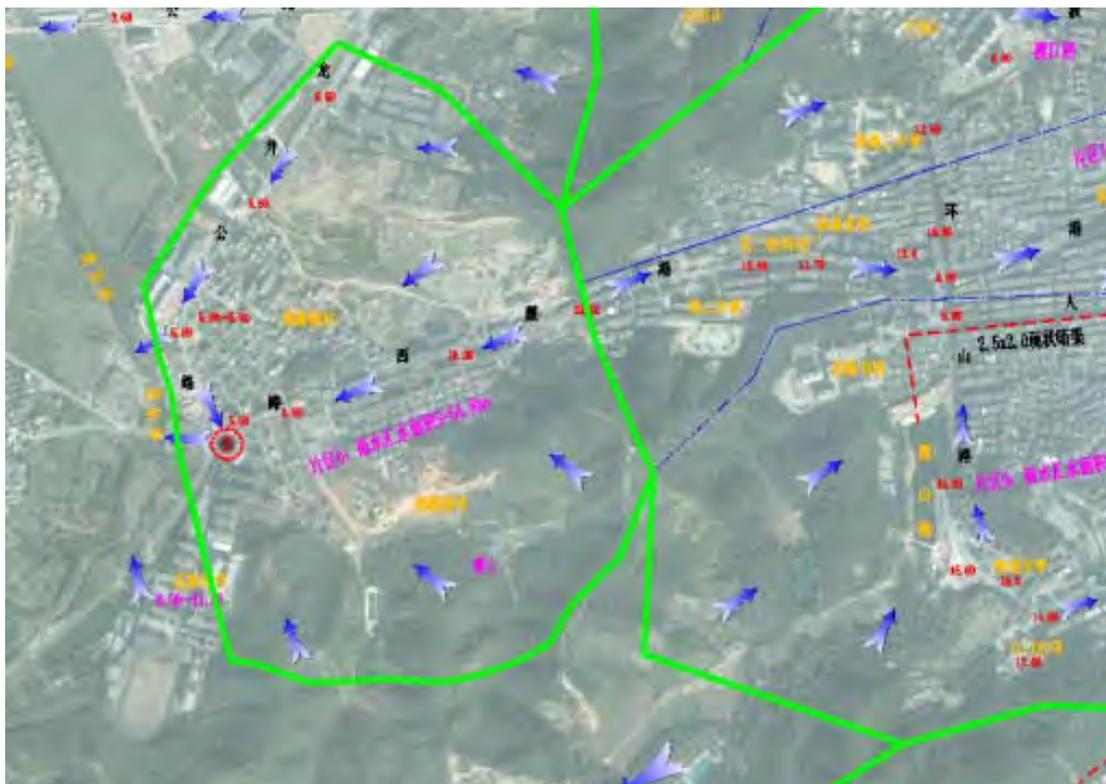
54 珠海大道下金龙至南港西路水浸黑点汇水范围



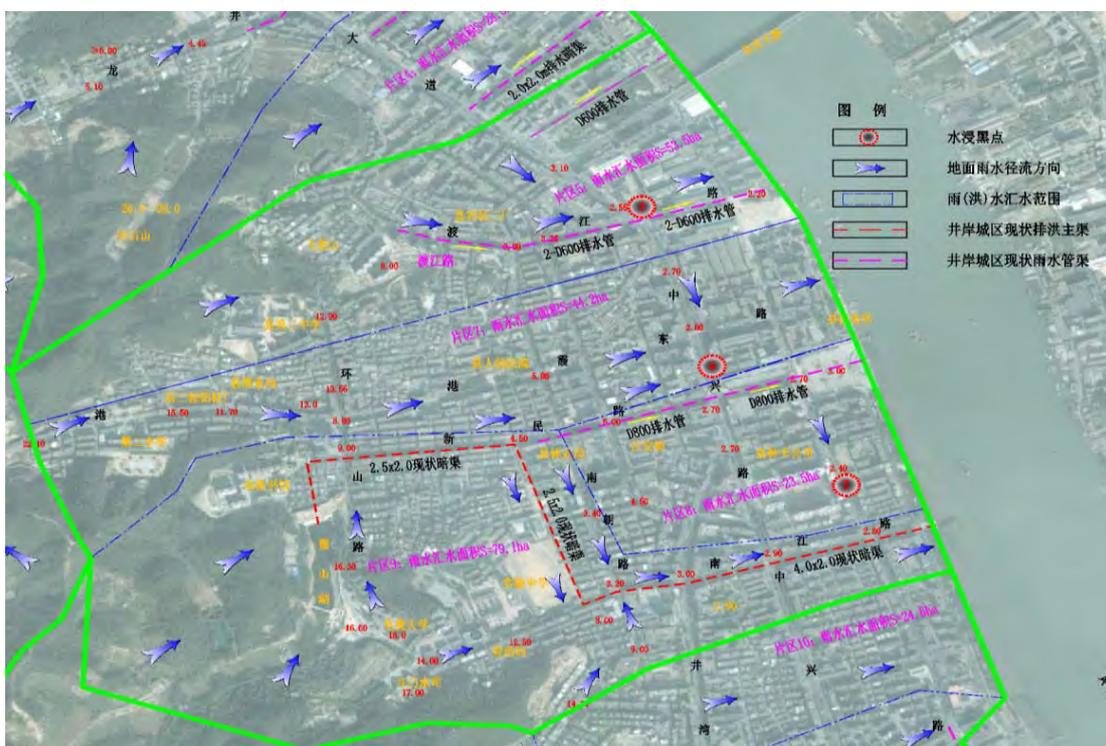
55 南水车站十字路口水浸黑点汇水范围



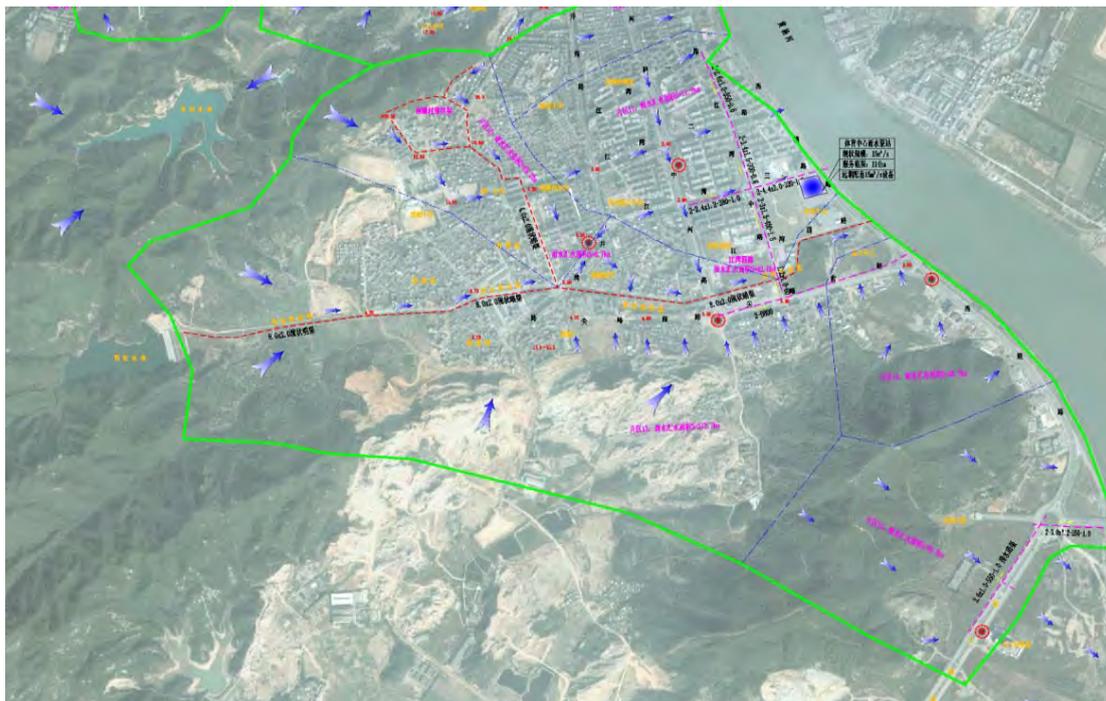
59 北澳新鸿酒店门口至北澳市场、68 龙井路三小门口
水浸黑点汇水范围



66 实验中学门口水浸黑点汇水范围



57 滨江路、70 井岸镇胜利巷、71 渡江路与中兴路交叉口、72 港霞东路与中兴路交叉口
水浸黑点汇水范围



56 西堤南路（光记酒楼）、58 井湾路南段（含江湾三路井岸医院门口）、67 井湾路南段（含江湾三路井岸医院门口）、69 南华路南潮牌坊门口
水浸黑点汇水范围

附录六：典型案例

案例一：珠海洪湾港及周边区域控制性详细规划（海绵城市指标分解）

一、区域概况

珠海洪湾港及周边区域（以下简称“洪湾港片区”）位于珠海市南湾城区西南部，属于珠海市主城区“三心两港”五大重点建设地区之一。根据《珠海市城乡规划地域划分及编码规则》，珠海洪湾港及周边区域控制性详细规划范围为洪湾港及周边区域，具体为：东至太澳高速公路，南至马骝洲水道，西至磨刀门水道，北至有髻山与挂锭角山，包括 A205a、A205b、A205c 三个控规编制单元。



图 1-1 洪湾港片区区域位置图

洪湾港片区属亚热带海洋性气候，常受南亚热带季候风侵袭，多雷雨。年平

均气温 22.3℃，最低气温 2.5℃。年降雨量为 1770-2300mm。区内山体及水域占地面积约 3.71km²，占洪湾港片区总用地面积的 38.71%。流经洪湾港片区及其周边的主要河流为磨刀门水道、马骝洲水道及其支流猪母涌、洪湾涌。

规划区总用地面积约 958.54ha，其中，建设用地约 592.05ha，占总用地的 61.77%；非城市建设用地约 366.49ha，占总用地的 38.23%，具体各项数据详见表 1。其中城市建设用地共 443.44ha，具体各类用地数据详见表 1-1。

表 1-1 洪湾港片区规划用地汇总表

用地代码	用地性质	用地面积 (ha)	比例 (%)
H	建设用地	592.05	61.77%
	H11 城市建设用地	443.44	46.26%
	H22 公路用地	17.24	1.80%
	H23 港口用地	4.59	0.48%
	H23+W2 港口用地、二类物流仓储用地	110.20	11.50%
	H9 其他建设用地	16.58	1.73%
E	非建设用地	366.49	38.23%
	E1 水域	224.69	23.44%
	E2 农林用地-林地	141.80	14.79%
合计	城乡用地	958.54	100.00%

表 1-2 洪湾港片区城市建设用地汇总表

序号	用地代码	用地性质	用地面积(ha)	比例(%)
1	R	居住用地	82.88	18.69%
2	A	公共管理与公共服务设施用地	19.96	4.50%
3	B	商业服务业设施用地	54.52	12.29%
4	M	工业用地	3.57	0.81%
5	W	物流仓储用地	49.85	11.24%
6	S	道路与交通设施用地	99.34	22.40%
7	U	公用设施用地	9.56	2.16%
8	G	绿地与广场用地	123.76	27.91%
合计		城市建设用地	443.44	100.00%

二、控制目标

根据《珠海市海绵城市专项规划(2015-2020)》，洪湾港片区属南湾分区中的 2-14 径流控制单元，其年径流总量控制目标为 65%，对应设计降雨量为 24.6mm。

分类控制指标详见表 3。

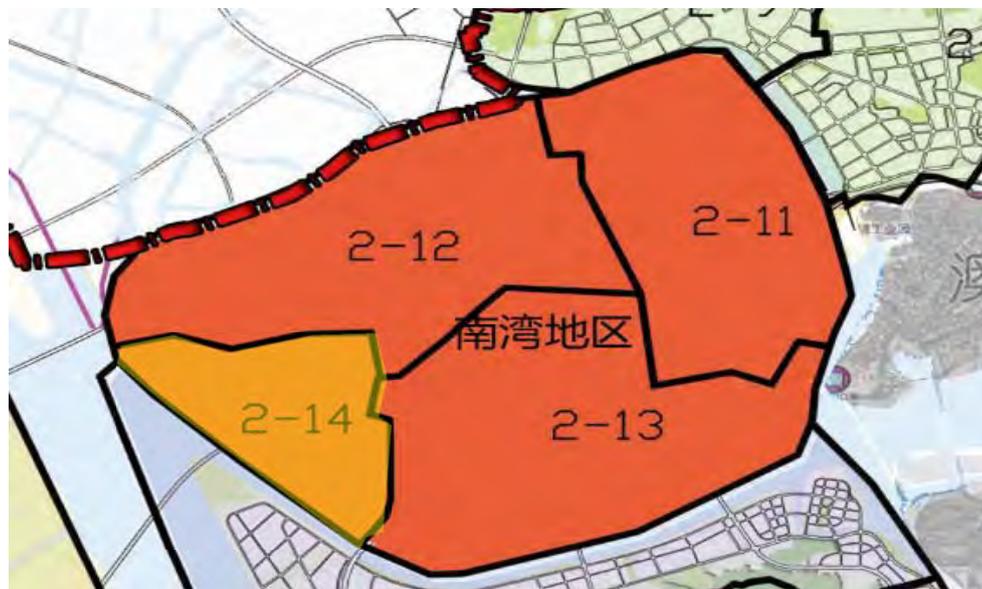


图 1-2 珠海市海绵城市专项规划中洪湾港片区(分区编号 2-14)

表 1-3 洪湾港片区控制指标一览表

不同分类控制指标		指标值 (%)
下凹式绿地率	建筑与小区	30-70
	道路	30-40
	广场	40-50
	绿地	30-50
透水铺装率	建筑与小区	20-60
	道路	10-20
	广场	40-60
年径流总量控制率	建筑与小区	65
	道路	50
	广场	75
	绿地	80
	综合	65
年径流污染物削减率	综合	33

三、控规指标分解

洪湾港片区控规一共分为 3 个分区 A205a、A205b、A205c，其中 A205a 分两个管理单元 (A205a01、A205a02)；A205b 分三个管理单元 (A205b01、A205b02、

A205b03); A205c 分三个管理单元 (A205c01、A205c02、A205c03)。分别对三个分区进行指标分解, 并与洪湾港片区总目标进行反复校核。

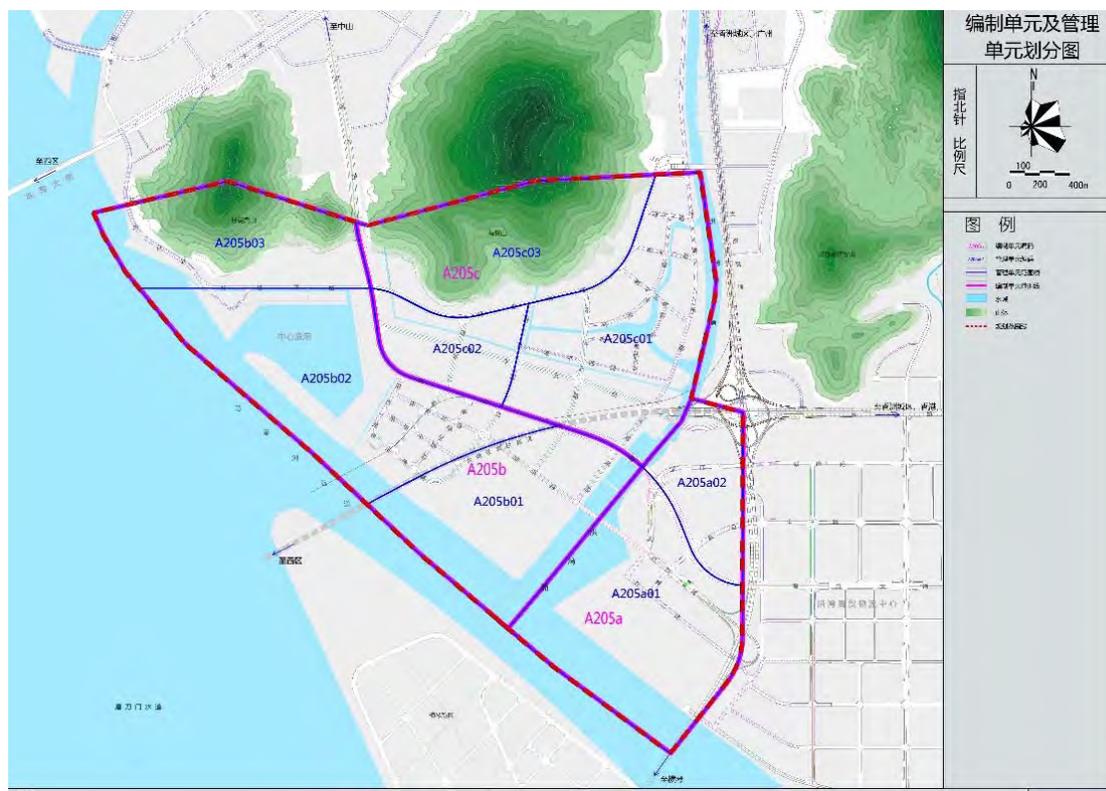


图 1-3 洪湾港片区编制单元及管理单元划分图

表 1-4 洪湾港片区控规编制单元海绵指标汇总

编制单元	管理单元	年径流总量控制率	设计降雨量 (mm)	总调蓄容积 (m ³)
A205a	A205a01	52.2%	16.2	10656
	A205a02	58.5%	19.8	5342
A205b	A205b01	59.2%	20.3	11501
	A205b02	67.6%	26.5	14213
	A205b03	72.7%	31.4	5926
A205c	A205c01	71.8%	30.5	23519
	A205c02	73.6%	32.4	8078

编制单元	管理单元	年径流总量控制率	设计降雨量 (mm)	总调蓄容 积 (m ³)
	A205c03	72.4%	31.1	7422
公路用地		39.6%	10.5	1379
综合目标/合计		65%	24.6	88036

表 1-5 规划编制单元 A205a 建设用地海绵指标分解

管理单元	地块编号	用地代码	用地性质	用地面积 (ha)	总调蓄容积 (m ³)	设计降雨量 (mm)	年径流 总量控 制率
A205a01	A205a0102	G1	公园绿地	0.80	380	73.5	94%
	A205a0103	W2	二类物流仓储用地	3.76	338	11.5	42%
	A205a0104	U32	防洪用地	1.25	168	18.0	55%
	A205a0106	G1	公园绿地	0.36	170	73.5	94%
	A205a0107	H23+W2	港口用地、二类物流仓储用地	0.74	66	11.5	42%
	A205a0108	W2	二类物流仓储用地	5.25	473	11.5	42%
	A205a0109	G2	防护绿地	0.78	262	63.8	92%
	A205a0110	W2	二类物流仓储用地	2.76	249	11.5	42%
	A205a0111	W2	二类物流仓储用地	8.85	797	11.5	42%
	A205a0112	W2	二类物流仓储用地	2.32	208	11.5	42%
	A205a0113	U12	供电用地	0.65	88	18.0	55%
	A205a0114	G2	防护绿地	3.15	1064	63.8	92%
	A205a0115	G2	防护绿地	1.49	503	63.8	92%
	A205a0116	H23+W2	港口用地、二类物流仓储用地	45.19	4067	11.5	42%
	A205a0117	A1	行政办公用地	0.45	80	24.3	65%
	A205a0118	M1	一类工业用地	3.57	428	15.7	51%
	A205a0119	G2	防护绿地	3.76	1268	63.8	92%
	A205a0120	G2	防护绿地	0.14	47	63.8	92%
	A205a02	A205a0202	G2	防护绿地	1.03	348	63.8

管理单元	地块编号	用地代码	用地性质	用地面积 (ha)	总调蓄容积 (m ³)	设计降雨量 (mm)	年径流 总量控 制率
	A205a0204	G1	公园绿地	2.53	1194	73.5	94%
	A205a0205	U12	供电用地	0.17	22	18.0	55%
	A205a0206	B1+B2+R2	商业用地、商务用地、二类居住用地	7.30	657	12.6	45%
	A205a0207	G2	防护绿地	1.23	414	63.8	92%
	A205a0208	G2	防护绿地	0.93	314	63.8	92%
	A205a0209	H9	其他建设用地	16.58	1492	12.0	43%
	A205a0210	G2	防护绿地	0.80	272	63.8	92%
	A205a0211	G2	防护绿地	0.72	244	63.8	92%
	A205a0212	W2	二类物流仓储用地	6.44	386	7.7	32%

表 1-6 规划编制单元 A205b 建设用地海绵指标分解

管控单元	地块编号	用地代码	用地性质	用地面积 (ha)	总调蓄容积 (m ³)	设计降雨量 (mm)	年径流总量控制率
A205b01	A205b0101	G2	防护绿地	0.33	113	63.8	92%
	A205b0102	A1	行政办公用地	2.81	632	29.4	71%
	A205b0103	A1	行政办公用地	1.37	308	29.4	71%
	A205b0104	G1	公园绿地	0.63	297	73.5	94%
	A205b0105	G1	公园绿地	0.97	457	73.5	94%
	A205b0106	G1	公园绿地	0.42	199	73.5	94%
	A205b0107	H23+W2	港口用地、二类物流仓储用地	46.85	6324	16.7	53%
	A205b0108	G1	公园绿地	0.71	337	73.5	94%
	A205b0109	G2	防护绿地	0.03	10	63.8	92%
	A205b0110	H23+W2	港口用地、二类物流仓储用地	4.05	546	16.7	53%
	A205b0111	G2	防护绿地	0.62	208	63.8	92%
	A205b0112	U22	环卫用地	0.40	53	18.0	55%
	A205b0113	H23+W2	港口用地、二类物流仓储用地	10.84	1464	16.7	53%
	A205b0114	G1	公园绿地	0.59	279	73.5	94%
	A205b0115	U32	防洪用地	0.48	86	24.0	65%
	A205b0116	G1	公园绿地	0.40	187	73.5	94%
A205b02	A205b0202	G1	公园绿地	1.55	731	73.5	94%
	A205b0204	G1	公园绿地	0.01	7	73.5	94%

管控单元	地块编号	用地代码	用地性质	用地面积 (ha)	总调蓄容积 (m ³)	设计降雨量 (mm)	年径流总量控制率
	A205b0205	B1+B2	商业用地、商务用地	0.88	105	15.9	52%
	A205b0206	S42	社会停车场用地	0.15	23	22.9	63%
	A205b0208	B2	商务用地	1.11	133	15.9	52%
	A205b0209	B41	加油加气站用地	0.25	51	26.3	67%
	A205b0211	H23	港口用地	4.59	619	16.7	53%
	A205b0212	B1+W1	商业用地、一类物流仓储用地	2.50	300	15.8	51%
	A205b0213	A1	行政办公用地	1.79	402	29.4	71%
	A205b0215	B1+W1	商业用地、一类物流仓储用地	4.65	558	15.8	51%
	A205b0216	G2	防护绿地	1.32	447	63.8	92%
	A205b0217	G1	公园绿地	2.59	1223	73.5	94%
	A205b0218	B1+A2	商业用地、文化设施用地	1.33	186	18.9	57%
	A205b0219	B1	商业用地	5.41	649	15.8	51%
	A205b0220	G3	广场绿地	2.09	705	52.0	87%
	A205b0221	B1	商业用地	5.60	672	15.8	51%
	A205b0222	G1	公园绿地	1.83	865	73.5	94%
	A205b0224	G1	公园绿地	0.83	393	73.5	94%
	A205b0225	G3	广场绿地	1.63	551	52.0	87%
	A205b0226	G2	防护绿地	0.41	138	63.8	92%
	A205b0227	B1+B2	商业用地、商务用地	2.29	275	15.8	51%
	A205b0228	G1	公园绿地	0.09	45	73.5	94%
	A205b0229	B1+B2	商业用地、商务用地	2.47	297	15.8	51%

管控单元	地块编号	用地代码	用地性质	用地面积 (ha)	总调蓄容积 (m ³)	设计降雨量 (mm)	年径流总量控制率
	A205b0230	G1	公园绿地	0.09	41	73.5	94%
	A205b0231	B1+B2	商业用地、商务用地	2.30	275	15.8	51%
	A205b0232	G1	公园绿地	0.10	50	73.5	94%
	A205b0233	G3	广场绿地	3.76	1269	52.0	87%
	A205b0234	G2	防护绿地	0.26	89	63.8	92%
	A205b0235	G1	公园绿地	0.10	45	73.5	94%
	A205b0236	B1+B2+W2	商业用地、商务用地、二类物流仓储用地	1.70	136	10.0	38%
	A205b0237	G1	公园绿地	0.10	47	73.5	94%
	A205b0238	B1+B2+W2	商业用地、商务用地、二类物流仓储用地	2.32	186	10.0	38%
	A205b0239	G1	公园绿地	0.12	57	73.5	94%
	A205b0240	B1+B2+W2	商业用地、商务用地、二类物流仓储用地	2.56	205	10.0	38%
	A205b0241	U31	消防用地	1.67	225	18.5	56%
	A205b0242	G2	防护绿地	0.25	84	63.8	92%
	A205b0243	B1+B2+W2	商业用地、商务用地、二类物流仓储用地	2.30	184	10.0	38%
	A205b0244	S42	社会停车场用地	0.21	31	22.9	63%
	A205b0245	B1+B2+W2	商业用地、商务用地、二类物流仓储用地	3.09	247	10.0	38%

管控单元	地块编号	用地代码	用地性质	用地面积 (ha)	总调蓄容积 (m ³)	设计降雨量 (mm)	年径流总量控制率
	A205b0246	G1	公园绿地	0.19	91	73.5	94%
	A205b0247	B1+B2+W2	商业用地、商务用地、二类物流仓储用地	1.26	101	10.0	38%
	A205b0248	G1	公园绿地	0.46	219	73.5	94%
	A205b0249	G1	公园绿地	0.95	450	73.5	94%
	A205b0250	G2	防护绿地	0.61	207	63.8	92%
	A205b0251	H23+W2	港口用地、二类物流仓储用地	2.54	203	10.0	38%
	A205b0252	G1	公园绿地	0.63	296	73.5	94%
	A205b0253	G1	公园绿地	0.21	98	73.5	94%
A205b03	A205b0302	G1	公园绿地	4.44	1242	45.7	83%
	A205b0303	G1	公园绿地	0.20	56	45.7	83%
	A205b0304	G1	公园绿地	3.38	945	45.7	83%
	A205b0306	B2	商务用地	1.34	120	12.2	44%
	A205b0307	G2	防护绿地	9.13	2054	42.6	81%
	A205b0308	U12	供电用地	3.61	325	12.3	44%
	A205b0309	G1	公园绿地	2.68	751	45.7	83%
	A205b0310	W2	二类物流仓储用地	4.71	377	10.0	38%
	A205b0311	G2	防护绿地	0.25	57	42.6	81%

表 1-7 规划编制单元 A205c 建设用地海绵指标分解

管控单元	地块编号	用地代码	用地性质	用地面积 (ha)	总调蓄容积 (m ³)	设计降雨量 (mm)	年径流总量控制率
A205c01	A205c0101	R2	二类居住用地	5.37	940	24.0	65%
	A205c0102	G1	公园绿地	1.20	503	68.5	93%
	A205c0104	R2	二类居住用地	3.80	665	24.0	65%
	A205c0105	G1	公园绿地	0.61	257	68.5	93%
	A205c0107	G1	公园绿地	0.27	113	68.5	93%
	A205c0108	R2	二类居住用地	2.02	354	24.0	65%
	A205c0109	G1	公园绿地	6.51	2735	68.5	93%
	A205c0110	R2	二类居住用地	0.70	122	24.0	65%
	A205c0111	R22	服务设施用地	0.55	87	21.7	61%
	A205c0112	S42	社会停车场用地	0.20	30	21.7	61%
	A205c0113	G1	公园绿地	0.40	167	68.5	93%
	A205c0115	G1	公园绿地	0.64	267	68.5	93%
	A205c0116	R2	二类居住用地	5.64	987	24.0	65%
	A205c0117	B1+R22	商业用地、服务设施用地	1.53	138	12.3	44%
A205c0118	G1	公园绿地	1.04	437	68.5	93%	

A205c0119	R2	二类居住用地	6.06	1061	24.0	65%
A205c0120	R22	服务设施用地	0.57	90	21.7	61%
A205c0121	G1	公园绿地	0.81	339	68.5	93%
A205c0122	R2	二类居住用地	5.16	904	24.0	65%
A205c0124	G1	公园绿地	0.31	131	68.5	93%
A205c0125	G1	公园绿地	1.21	508	68.5	93%
A205c0126	R2	二类居住用地	3.79	664	24.0	65%
A205c0127	G1	公园绿地	1.96	821	68.5	93%
A205c0129	G1	公园绿地	0.92	387	68.5	93%
A205c0130	G1	公园绿地	0.43	180	68.5	93%
A205c0131	R2	二类居住用地	5.36	937	24.0	65%
A205c0132	S42	社会停车场用地	0.26	39	21.7	61%
A205c0133	R22	服务设施用地	0.64	100	21.7	61%
A205c0134	A33	中小学用地	2.54	267	14.4	49%
A205c0135	G1	公园绿地	0.35	145	68.5	93%
A205c0137	G1	公园绿地	0.32	134	68.5	93%
A205c0138	A33	中小学用地	4.09	429	14.8	49%
A205c0139	G2	防护绿地	0.02	5	63.8	92%
A205c0140	G2	防护绿地	2.19	740	63.8	92%
A205c0142	G2	防护绿地	2.28	770	63.8	92%
A205c0143	G2	防护绿地	1.77	597	63.8	92%

	A205c0145	G2	防护绿地	4.89	1649	63.8	92%
	A205c0146	G1	公园绿地	1.48	622	68.5	93%
	A205c0147	G1	公园绿地	1.59	667	68.5	93%
	A205c0148	U12	供电用地	0.45	61	18.5	56%
	A205c0149	B41	加油加气站用地	0.38	69	23.8	64%
	A205c0150	W2	二类物流仓储用地	8.03	482	7.7	32%
	A205c0151	G2	防护绿地	0.82	277	63.8	92%
	A205c0152	W2	二类物流仓储用地	4.32	259	7.7	32%
	A205c0153	G2	防护绿地	1.93	653	63.8	92%
	A205c0154	G2	防护绿地	1.14	385	63.8	92%
	A205c0155	W2	二类物流仓储用地	2.42	145	7.7	32%
	A205c0156	U21	排水用地	0.33	45	18.5	56%
	A205c0157	G1	公园绿地	2.74	1153	68.5	93%
A205c02	A205c0201	G2	防护绿地	4.40	1486	63.8	92%
	A205c0202	U13	供燃气用地	0.17	23	18.5	56%
	A205c0204	G1	公园绿地	0.70	295	68.5	93%
	A205c0205	A1	行政办公用地	0.90	203	29.5	71%
	A205c0206	B1+R22	商业用地、服务设施用地	1.29	116	12.3	44%
	A205c0207	G1	公园绿地	1.01	426	68.5	93%
	A205c0208	G1	公园绿地	0.08	32	68.5	93%
	A205c0209	A33	中小学用地	2.59	272	14.8	49%
	A205c0210	A33	中小学用地	3.49	366	14.8	49%

	A205c0211	G2	防护绿地	0.79	267	63.8	92%
	A205c0213	G2	防护绿地	2.06	695	63.8	92%
	A205c0214	G2	防护绿地	1.32	445	63.8	92%
	A205c0215	R2	二类居住用地	8.86	1551	24.2	65%
	A205c0216	R2	二类居住用地	8.64	1511	24.2	65%
	A205c0217	G2	防护绿地	0.65	218	63.8	92%
	A205c0218	G1	公园绿地	0.20	85	68.5	93%
	A205c0219	G1	公园绿地	0.20	86	68.5	93%
A205c03	A205c0301	G2	防护绿地	3.43	771	42.6	81%
	A205c0303	G2	防护绿地	0.54	122	42.6	81%
	A205c0304	G1	公园绿地	5.37	1503	45.7	83%
	A205c0305	R2	二类居住用地	4.66	815	24.2	65%
	A205c0307	R2	二类居住用地	5.44	953	24.2	65%
	A205c0309	G1	公园绿地	4.14	1158	45.7	83%
	A205c0310	R2	二类居住用地	5.53	968	24.2	65%
	A205c0311	R2	二类居住用地	4.39	768	24.2	65%
A205c0312	R2	二类居住用地	2.08	364	24.2	65%	

案例二：珠海市斗门区藤湖苑（老旧小区改造）

一、场地评估

藤湖苑小区用地面积约 6500m²，90 年前后建造，属于老旧小区改造项目，共 7 栋楼，均为 6~7 层的居民楼。小区周围均为沿街商铺，无围墙与外界相隔。小区现状面临最突出的问题是管网破损老化严重，排水系统基本瘫痪，地基沉降导致小区内局部积水，绿化率低，景观效果差。

1. 下垫面分析

该小区建筑基底面积 2356 m²，绿地面积 612 m²，绿化率仅 9.4%，海绵城市改造需求较大。

表 2-1 下垫面分析

下垫面性质	面积 (m ²)	雨量径流系数
屋顶	2356	0.85
绿地	612	0.15
道路	1338	0.85
铺装	2183	0.85
总计	6489	0.78

2. 竖向分析

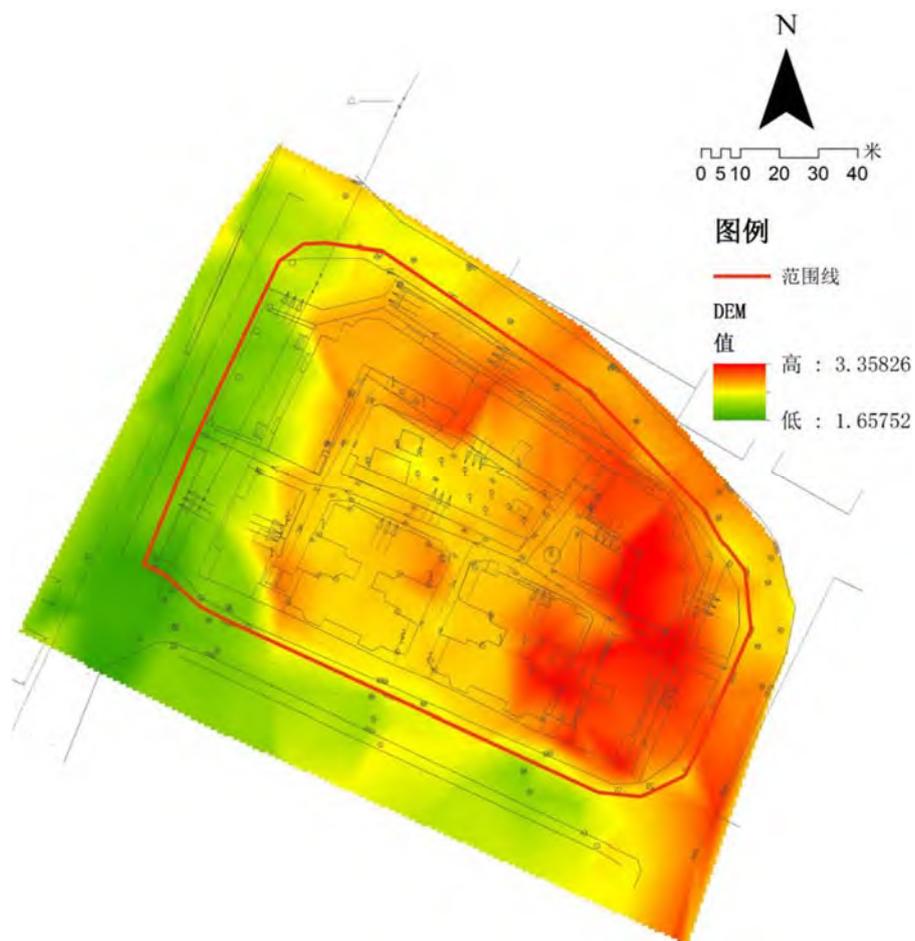


图 2-1 小区竖向图

该小区地势呈东高西低，北高南低状态。地面高程 1.66m-3.36m，平均高程 2.5m，无地下室。

3. 内涝风险分析

该小区地面标高高于周边道路，内涝风险较小。但由于地基沉降导致小区内部存在局部积水情况。

该小区海绵城市建设的重点是重建雨污管网系统，保障排水顺畅；采用低影响开发技术，有效削减面源污染；结合海绵城市建设，重塑景观风貌。

二、方案设计

1. 设计目标

- (1) 年径流总量控制率 $\geq 72\%$ ，对应设计降雨量 30.7mm；

- (2) TSS 去除率 $\geq 52.6\%$;
- (3) 内涝防治标准 30 年一遇。

2. 技术路线

◆雨水排放流程图

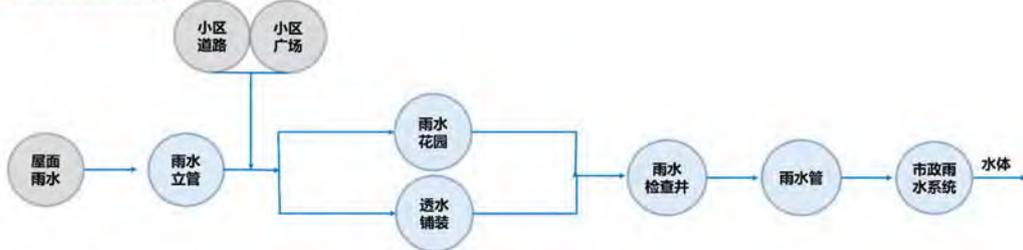


图 2-2 雨水排放流程图

◆污染管控流程图

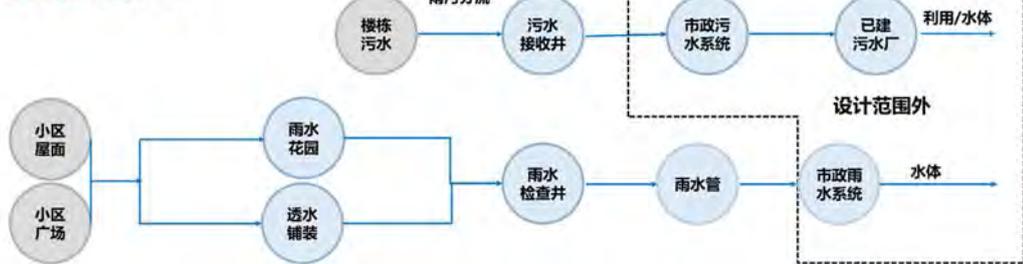


图 2-3 污染管控流程图

3. 总体方案

- (1) LID 设施：以现状绿地改造为主，并将现状铺装部分恢复为绿化。布置传输型草沟、雨水花园、下凹绿地、雨水花坛等 LID 设施。改造屋面雨水立管出口和设置开口路牙、线性排水沟等措施，将屋面雨水、路面径流引流至 LID 设施，对雨水进行源头滞、蓄、渗和净化处理。将小区内部道路及活动广场采用透水铺装。雨水花园与雨水花坛平均下凹 150mm，主要功能为滞蓄径流，促进雨水入渗净化，涵养地下水源。超标雨水通过溢流井溢流至雨水管网系统；
- (2) 对地基沉降造成的建筑下方的缝隙进行修补。将产生的缝隙填满，对直接影响人视觉观感的缝隙外侧新建高位花坛进行遮挡。增加绿化面积，美化景观环境。

- (3) 将小区中央绿化现有榕树移植。根据居民反映的问题，以及榕树本身的一些缺陷。榕树根系比较发达，且树冠较大，不利于下层植物的生长。移植后场地主要种植小乔木、灌木及地被。增加视野开阔性，提升空间可用度。



图 2-4 LID 平面布置图

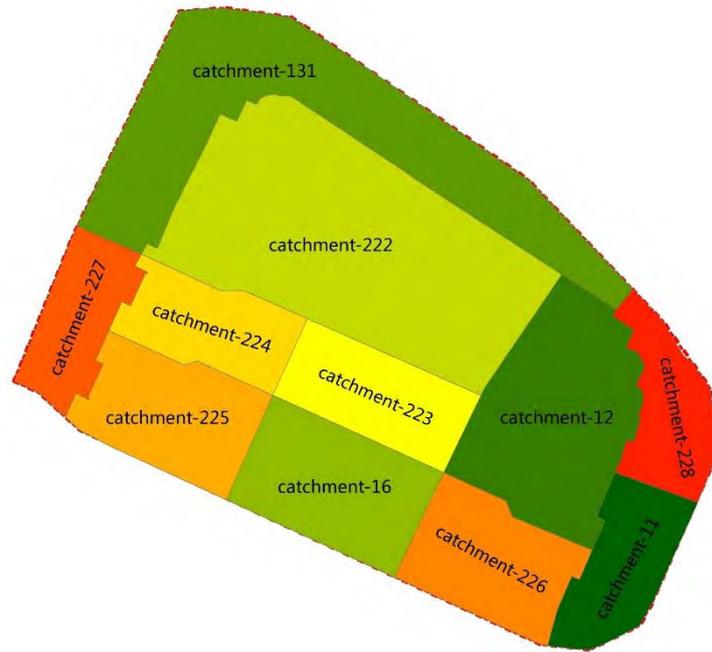


图 2-5 汇水分区图

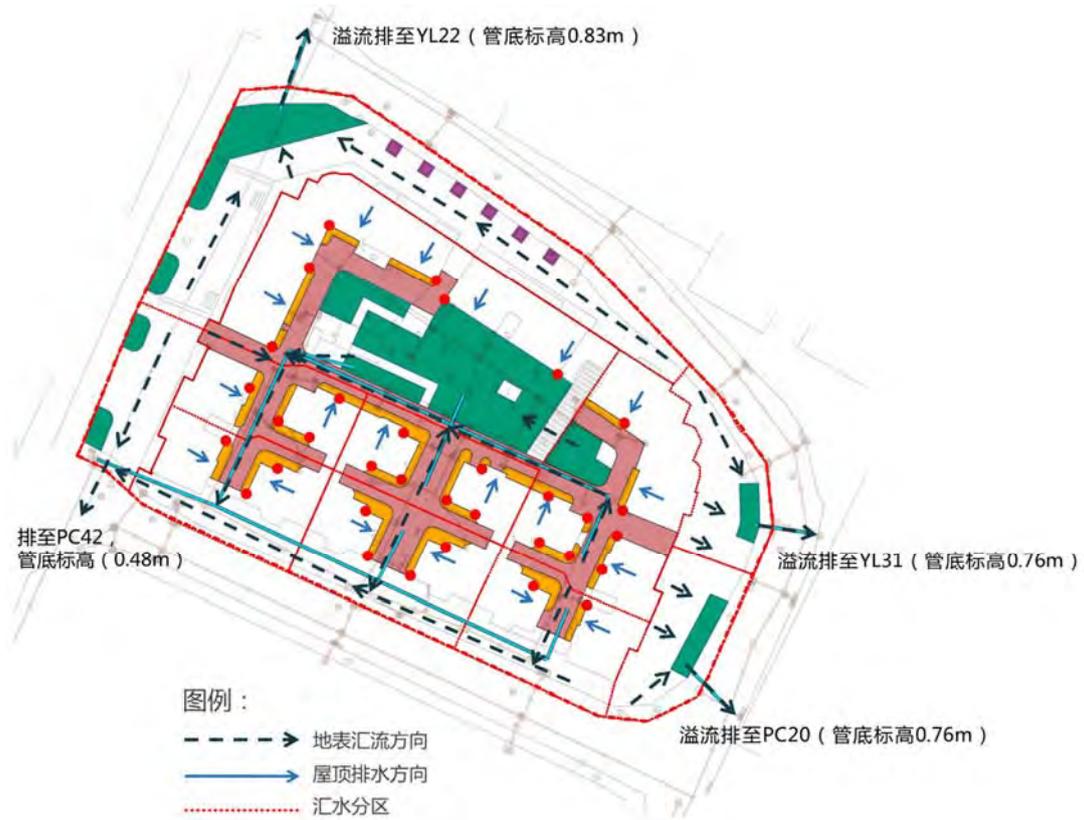


图 2-6 径流组织设计图

4. 改造效果图



图 2-7 改造效果图

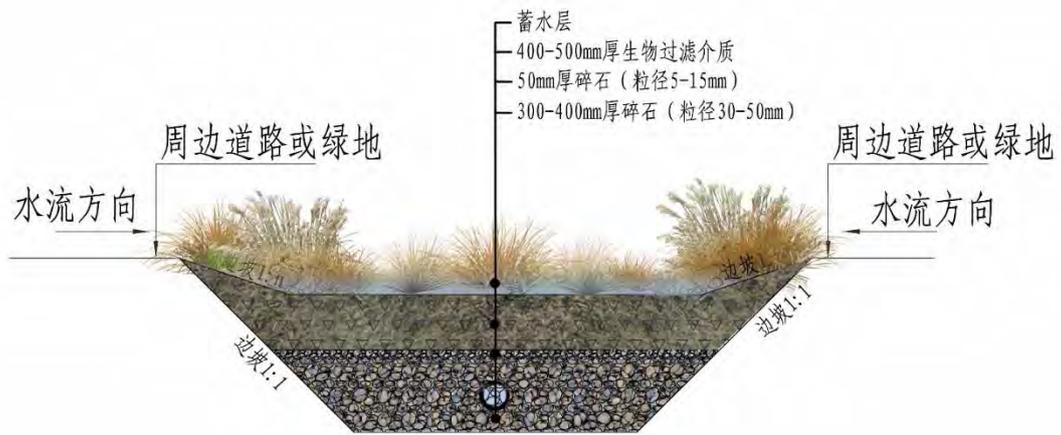


图 2-8 雨水花园大样图

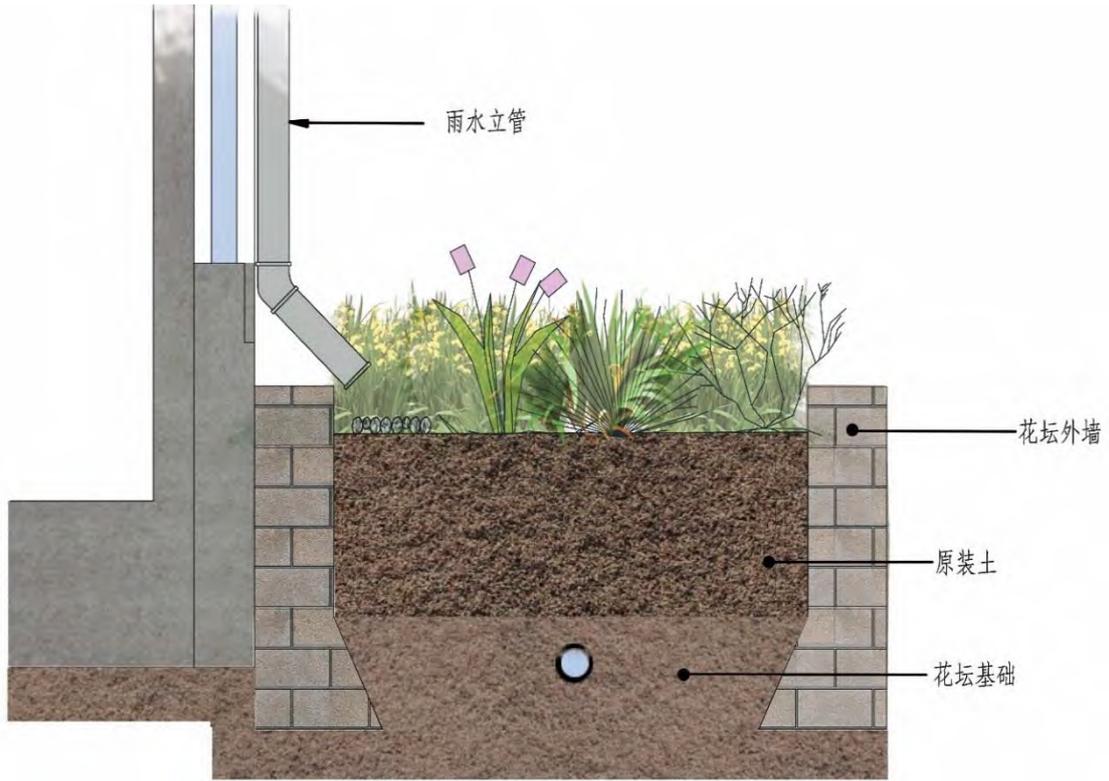


图 2-9 雨水花坛大样图

5. 内涝防治设计

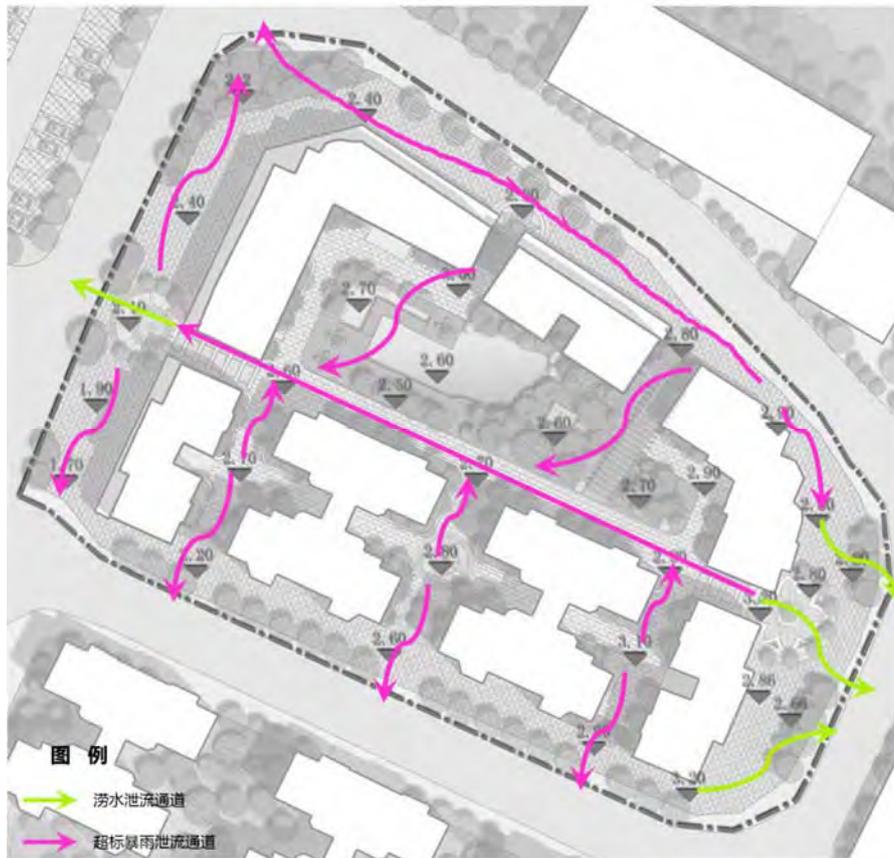


图 2-10 涝水泄流通道设计图

小区道路标高为 1.65~2m，附近最低建筑正负零标高为 2.20m，建筑物一层及以上建筑不易进水；小区内地面标高高于周边道路标高，有条件泄流涝水至周边道路。结合第七部分模型模拟，30 年一遇暴雨重现期发生时，两处出现溢流，涝水通过上图涝水泄流通道（绿色线）排往周边道路；30 年一遇以上暴雨重现期发生时，涝水可沿上图超标暴雨泄流通道（品红色线）排往周边道路。小区内道路相对低点积水可在峰值后通过雨水篦收集排放。综上所述，小区不产生内涝。

6. 容积法计算及模型校核

(1) 容积法计算过程

选取 Catchment-12 汇水分区作为计算示例：

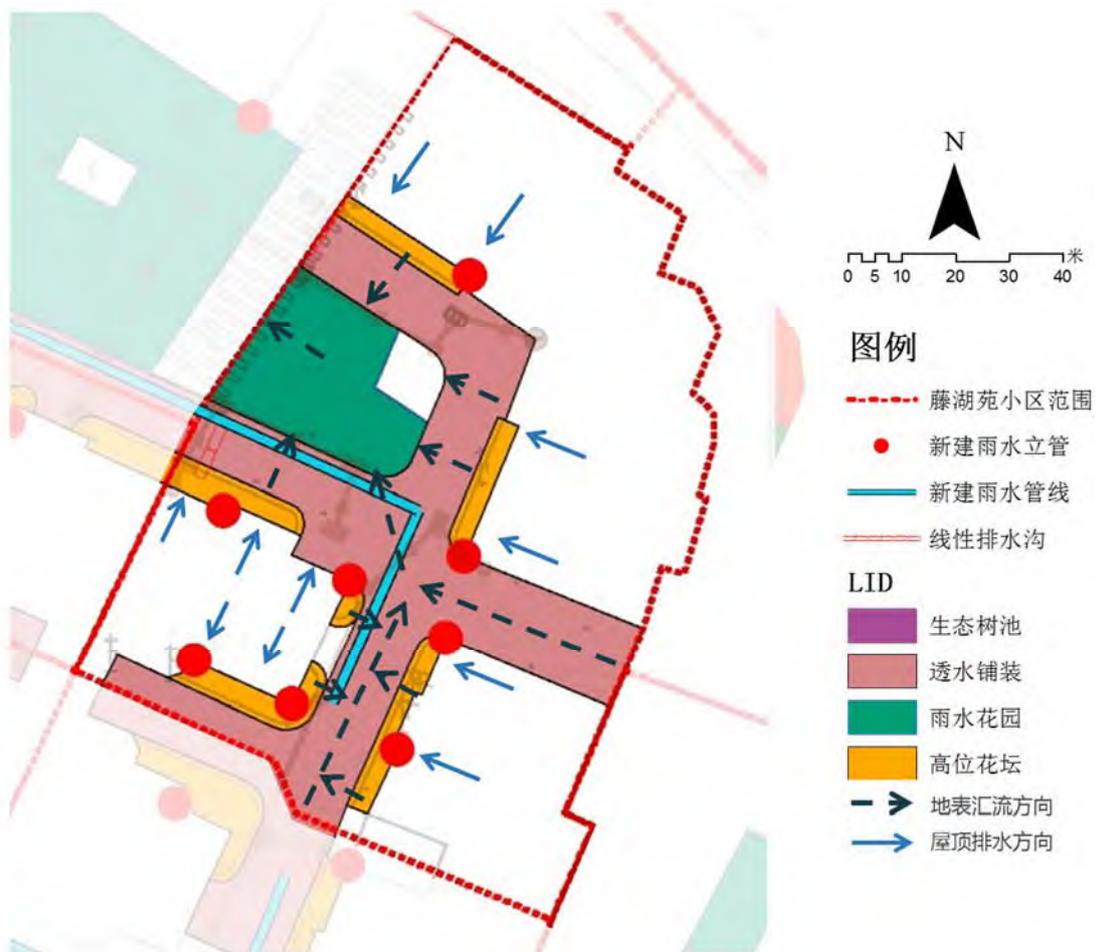


图 2-11 Catchment-12 方案设计图

Catchment-12 汇水分区面积为：764 m²，建筑立管位于该区域建筑内侧位置，且区域内有集中绿地，因此将原花坛改造为高位花坛，承接屋面雨水，后经雨水

花坛集中处理调蓄。道路及其他区域雨水,因竖向高差汇集到该区域道路与建筑中间的绿地,根据该绿地乔木分布情况,设置有一个 59 m²的雨水花园。

LID 设施中雨水花园、雨水花坛及透水铺装计算综合雨量径流系数取 1,其中透水铺装采用缝隙式结构透水铺装,其他下垫面雨量径流系数参照相关规范选取,计算得综合雨量径流系数为 0.68。

雨水花坛的控制体积计算:雨水花坛的控制体积为表面蓄水部分空间体积+换填介质土内部空间体积+底部砾石内部空间体积,本项目雨水花坛控制体积为 0.15m³/m²。

雨水花园的控制体积计算:雨水花园的控制体积为表面蓄水部分空间体积+换填介质土内部空间体积+底部砾石内部空间体积,换填介质土孔隙率取 0.2,底部砾石孔隙率取 0.3。本项目雨水花园控制体积为 0.196m³/m²。

透水铺装的控制体积计算:项目透水铺装选取缝隙式透水铺装,可计算控制体积。本项目透水铺装控制体积为 0.03m³/m²。

则 Catchment-12 的海绵设施控制体积为:

$$0.15 \times 47 + 0.196 \times 59 + 0.03 \times 204 = 24.83 \text{m}^3$$

Catchment-12 控制降雨量为:

$$H = \frac{24.83}{0.68 \times 764} \times 1000 = 47.56 \text{mm}$$

查表得年径流总量控制率为 84.41%。

本项目雨水花园、雨水花坛、透水铺装控制体积占比分别为: 37.7%、21.2%、19.7%,参照指南,取雨水花园、植草沟、透水铺装对 SS 的去除率分别为 80%、75%、80%,则 Catchment-12 汇水区 SS 去处理为 37.7%×80%+21.2%×75%+19.7%×80%=78.59%,年径流污染物削减率=84.41%×78.59%=66.34%。

(2) 模拟校核

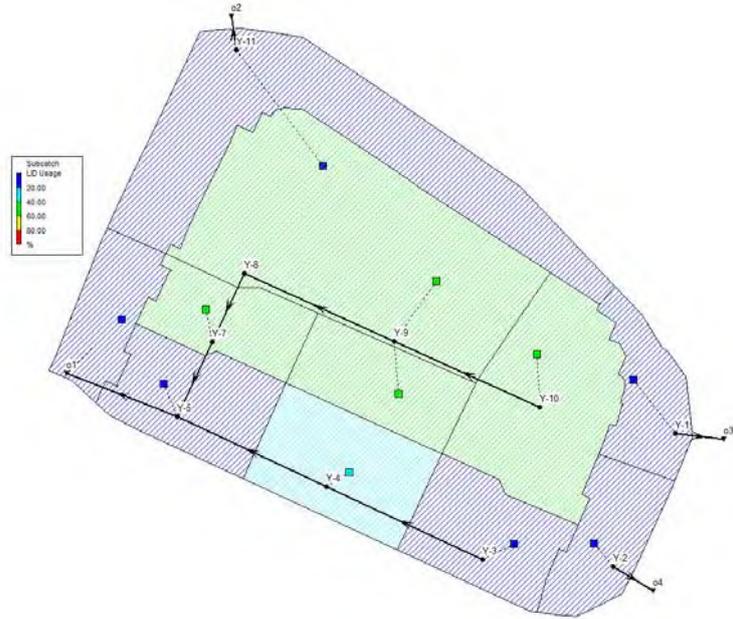


图 2-12 小区模型概化图

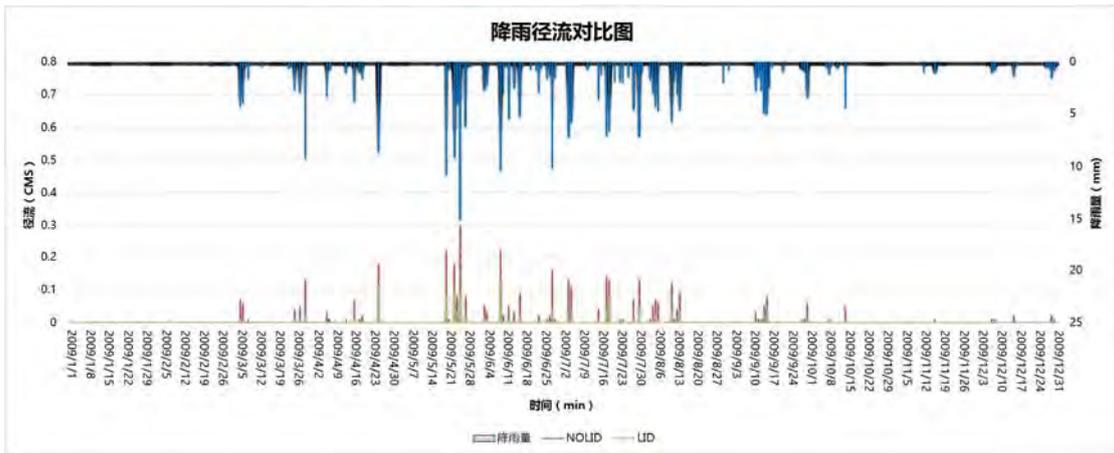


图 2-13 降雨径流对比图

		模拟结果统计		常规改造	LID改造
2009年实测连续降雨模拟	水量	降雨量 (mm)	2000.4	2000.4	
		径流总量 (m ³)	10903.61	3320.694	
		径流峰值 (CMS)	0.301	0.131	
	水质	下渗量 (mm)	97.002	1170.259	
		年径流总量控制率 (%)	16.19	77.16	
		污染物总量 (KG)	1118.344	1118.344	
30年一遇24h设计降雨模拟	水量	年污染负荷去除率 (%)	0.37	64.57	
		降雨量 (mm)	519.67	519.67	
		径流总量 (m ³)	3300.928	1928.26	
	管网负荷	径流峰值 (CMS)	0.243	0.168	
		下渗量 (mm)	2.241	132.967	
		管道超载次数 (次)	8	2	
	管道最大超载时长 (h)	0.31	0.01		
	检查井溢流次数 (次)	7	0		
	检查井溢流造成内涝次数 (次)	2	0		

图 2-14 模拟结果统计表图

校核结论:

- 年径流总量控制率 77.16% > 目标值 72%，满足设计要求；

- 年污染负荷去除率 64.57% > 目标值 52.6%，满足设计要求；
- 项目可满足 30 年一遇内涝防治要求。

案例三：珠海市金湾区龙光御海阳光花园（新建建筑小区）

一、项目概况

该项目位于珠海市西部中心城区海绵城市建设试点区内，西起金湖大道，东至依云路，北起春晖路，南至迎河东路。



图 3-1 项目区位示意图

1. 下垫面分析

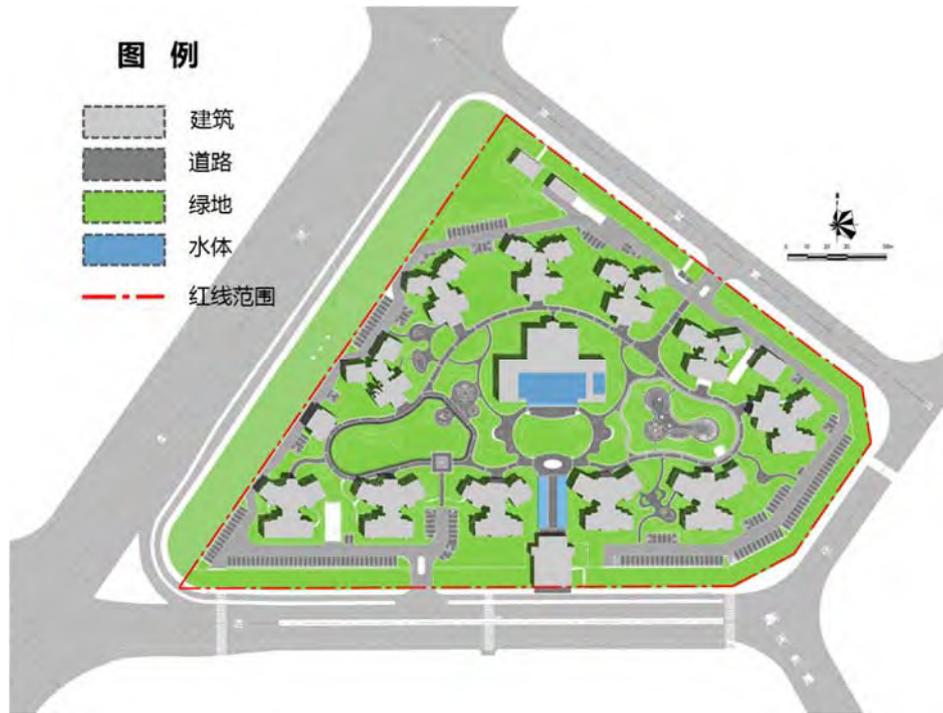


图 3-1 项目下垫面解析图

该项目总建筑用地面积约 41926m²，其中，绿化面积 16718m²，道路面积 4422m²，硬质铺装面积 9530 m²，建筑屋顶面积 7579 m²，水体面积 600 m²，消防场地（除道路）面积 3077 m²。

2. 竖向分析

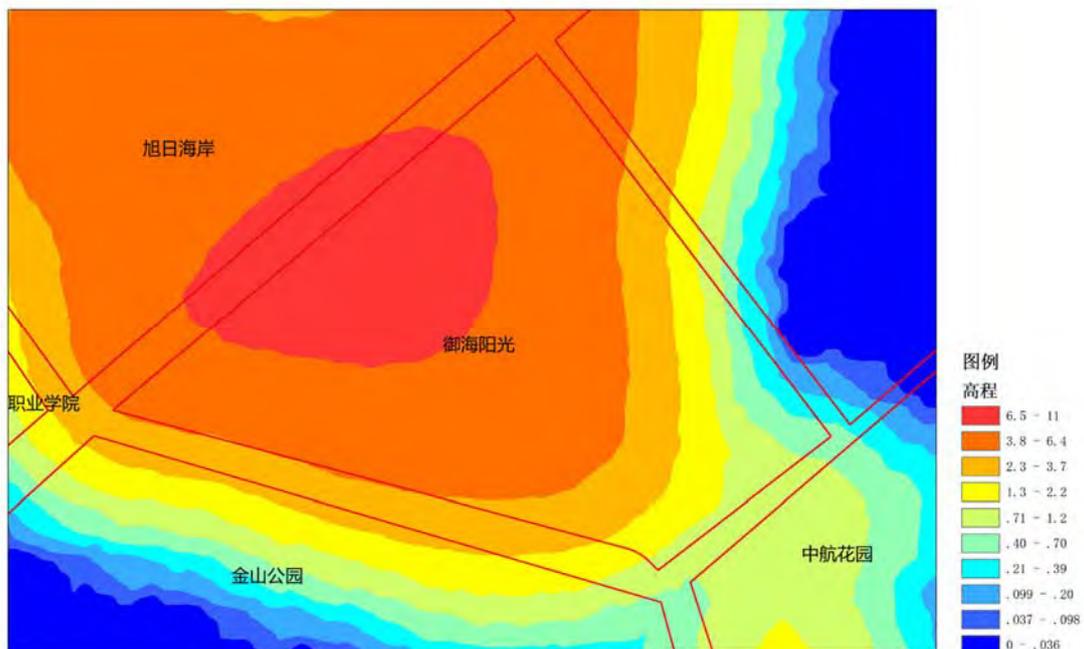


图 3-2 小区开发前竖向分析图

该项目开发前地势较高，约为 1m-7m，周边地块原竖向皆低于本项目，自身原始排水防涝无大风险，开发过程中可通过土方平整调整本项目及周边竖向，合理控制排水。

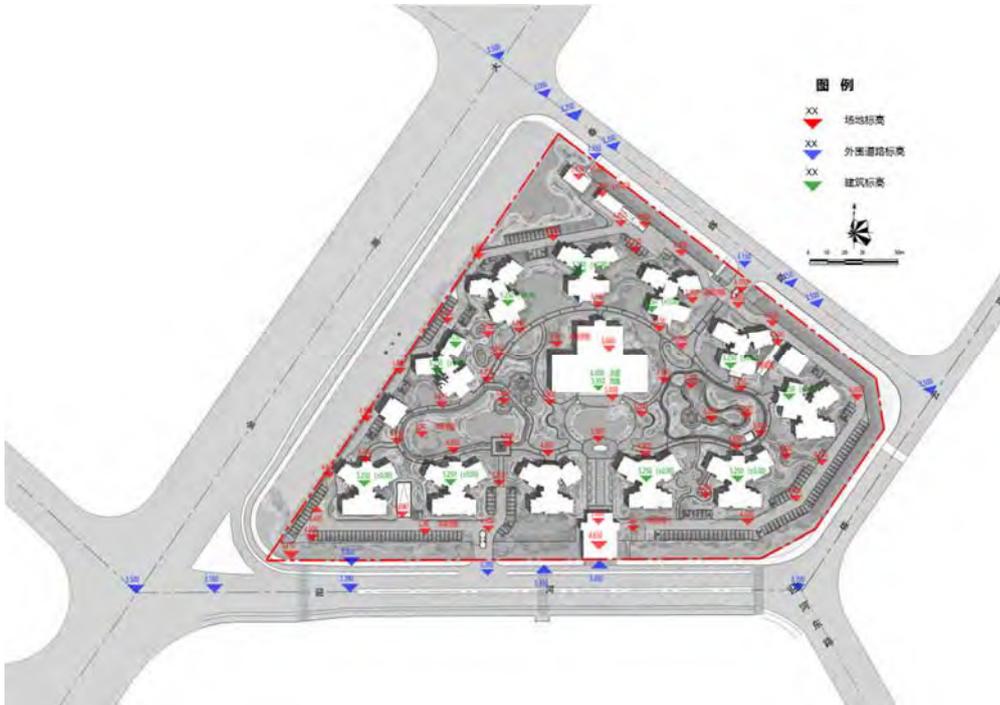


图 3-3 小区设计竖向分析图

该项目设计后整体地势较为平坦，高差变化较小。小区中间高，四周低。最高点高程（建筑±0.00）5.25m，最低点高程 4.60m，小区周边市政道路标高 3.20~3.70m。

二、方案设计

1. 设计目标

- (1) 年径流总量控制率 $\geq 75\%$ ，对应设计降雨量 34mm；
- (2) TSS 去除率 $\geq 55\%$ ；
- (3) 内涝防治标准 30 年一遇。

2. 技术路线

◆雨水排放流程图

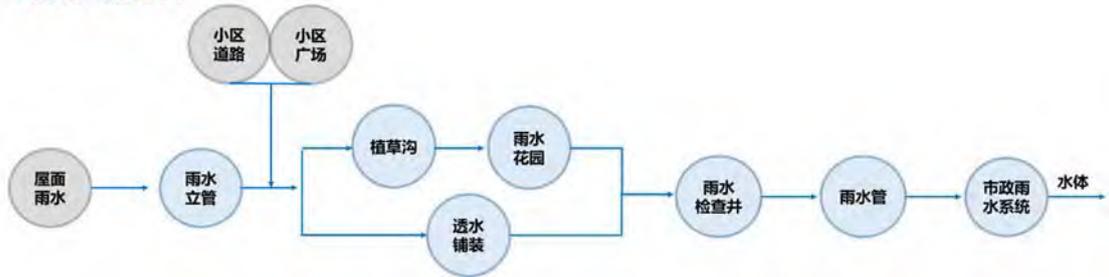


图 3-4 雨水排放流程图

◆污染管控流程图

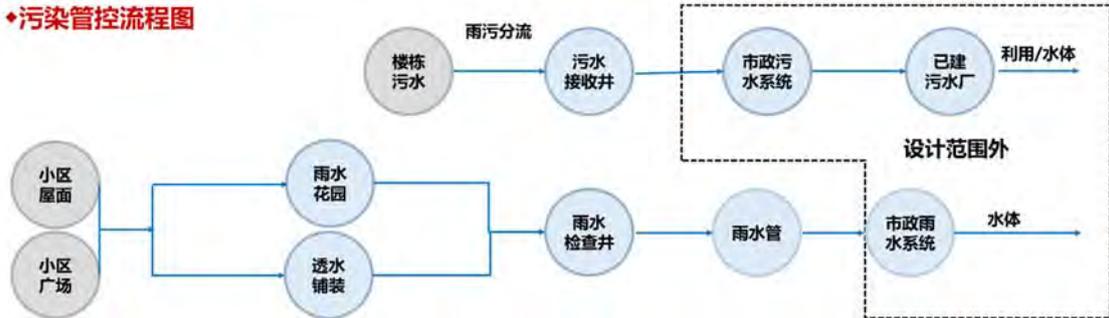


图 3-5 污染管控流程图

3. 总体方案

根据小区竖向及雨水管网收集情况，将本工程设计范围共分为 35 个子汇水区。如下图所示：



图 3-6 汇水分区示意图

按照各子汇水区特点选用LID适宜性技术, 根据计算及竖向确定LID设施大小及位置。

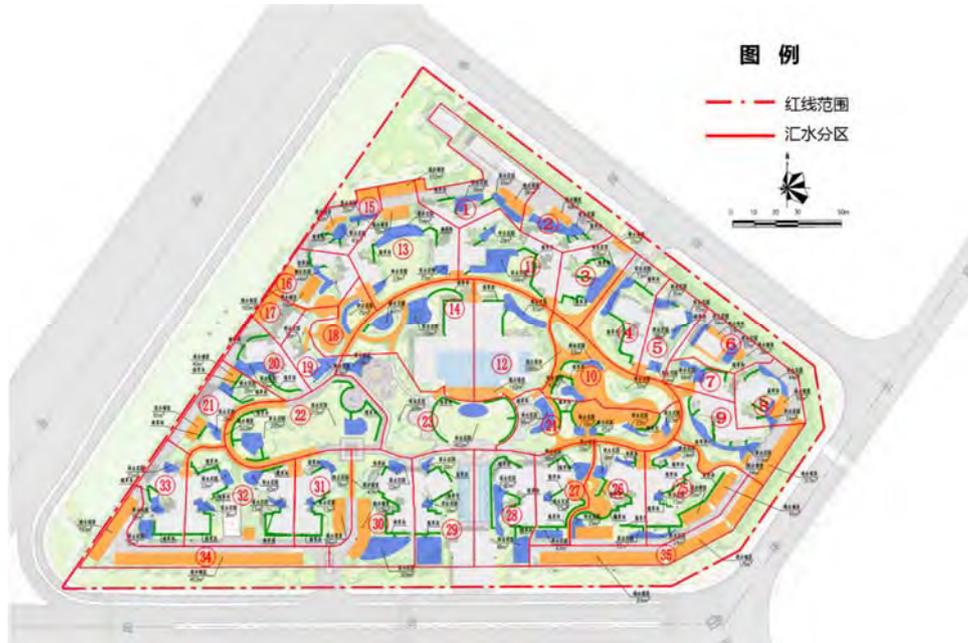


图 3-7 LID 平面布置图

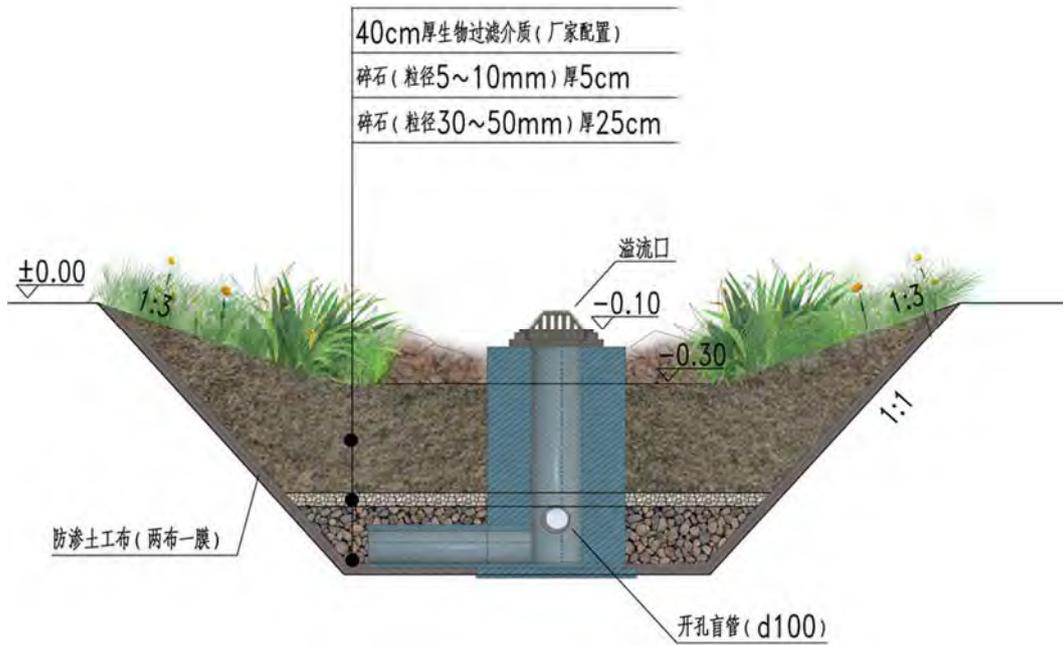


图 3-8 雨水花园大样图



图 3-9 植草沟大样图

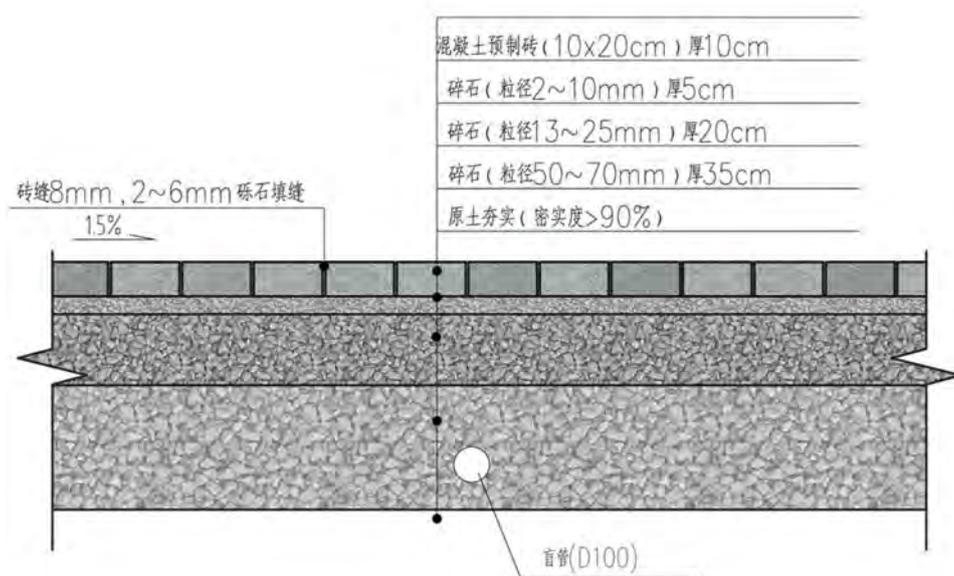


图 3-10 透水铺装大样图

4. 内涝防治设计

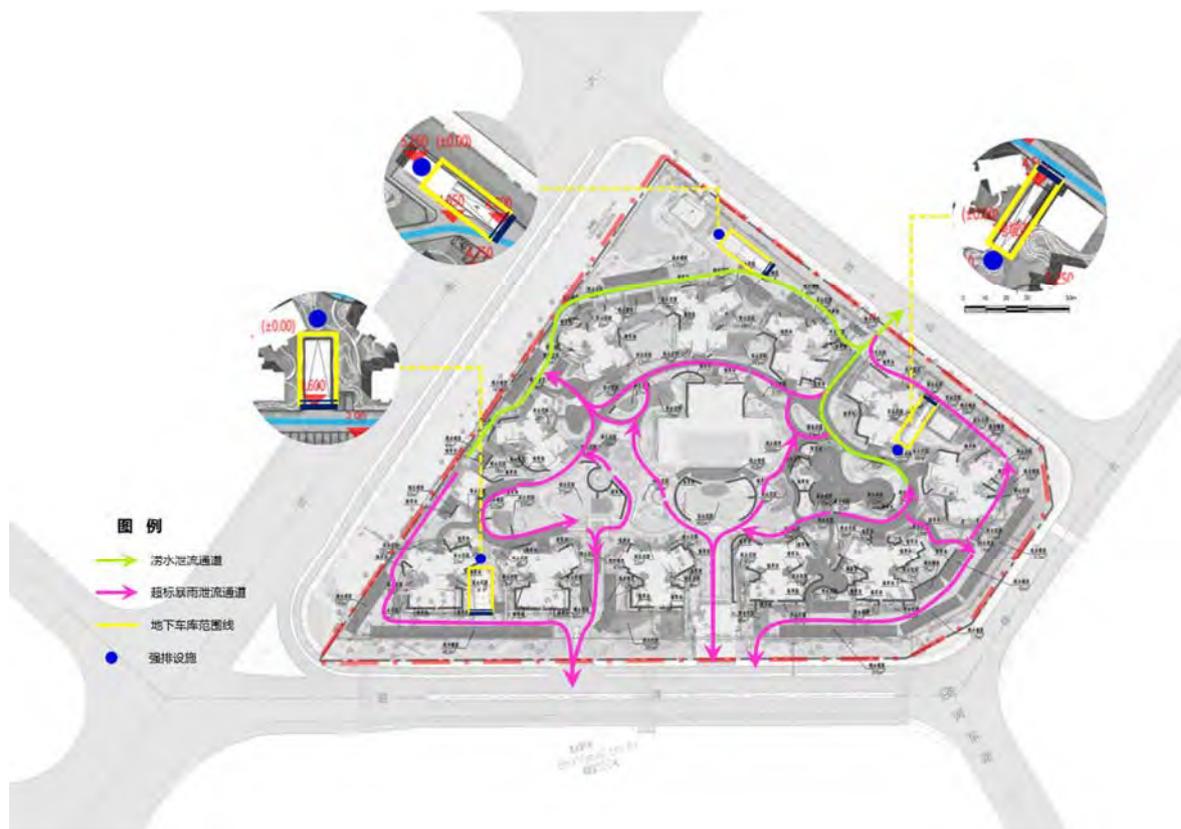


图 3-11 涝水泄流通道设计图

小区道路低点标高为 4.60m，最高积水标高（道路高点标高）为 4.75m，附近最低建筑正负零标高为 5.20m，建筑物一层及以上建筑不易进水；地下汽车车库和自行车车库入口、坡顶设置雨水连篦及减速带，坡底皆设置连篦，并采取自排、强排设施防止雨水灌入地下建筑内部，地下车库周边地表竖向调高，阻挡客水进入。小区内地面标高高于周边道路标高 1.00m 以上，有条件泄流涝水至周边道路。结合第七部分模型模拟，30 年一遇暴雨重现期发生时，两处出现溢流，涝水通过上图涝水泄流通道（绿色线）排往周边道路；30 年一遇以上暴雨重现期发生时，涝水可沿上图超标暴雨泄流通道（品红色线）排往周边道路。小区内道路相对低点积水可在峰值后通过雨水篦收集排放。

综上所述，小区内建筑物底层不进水，不产生内涝。

5. 容积法计算及模型校核

（1）容积法计算过程

选取汇水分区 S32 作为计算示例：

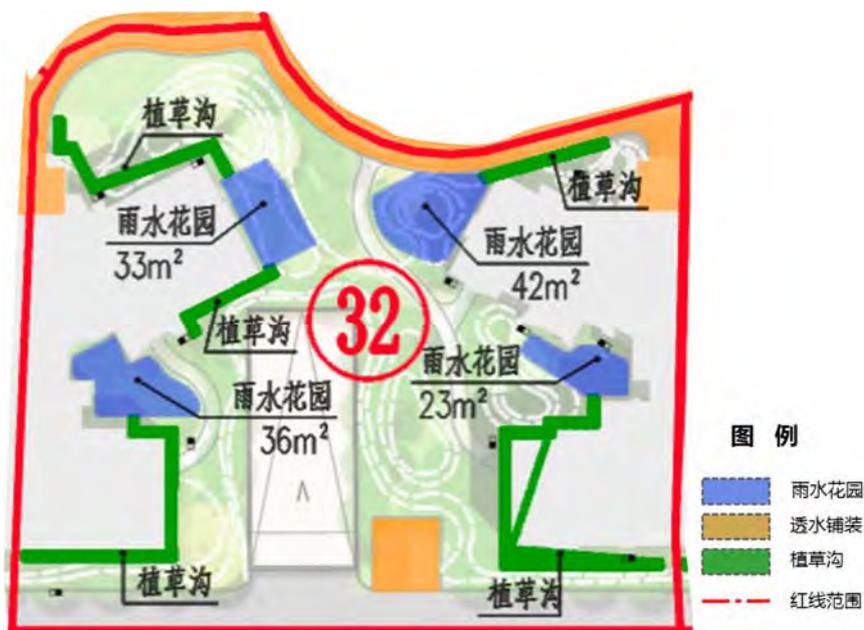


图 3-12 Catchment-12 方案设计图

通过植草沟收集建筑、路面等区域雨水，传输至雨水花园滞蓄、净化雨水，在人行铺装及停车位处设置透水铺装，控制区域自身雨水径流。其中雨水花园面积为 3443 m^2 ，传输型草沟面积为 732 m^2 ，透水铺装面积为 7058 m^2 。

LID 设施中雨水花园、植草沟及透水铺装计算综合雨量径流系数取 1，其中透水铺装采用缝隙式结构透水铺装，其他下垫面雨量径流系数参照相关规范选取。计算综合雨量径流系数为 0.672。

植草沟的控制体积计算：植草沟的控制体积为表面蓄水部分的空间体积，需根据蓄水深度、面积、植草沟横断面、草沟纵坡综合计算，本项目植草沟控制体积为 $0.098 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 。

雨水花园的控制体积计算：雨水花园的控制体积为表面蓄水部分空间体积+换填介质土内部空间体积+底部砾石内部空间体积，换填介质土孔隙率取 0.2，底部砾石孔隙率取 0.3。本项目雨水花园控制体积为 $0.1813 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 。

透水铺装的控制体积计算：本项目透水铺装选取缝隙式透水铺装，可计算控制体积。选取本项目目标控制降雨量 34mm 作为控制降雨量，并适当考虑透水铺装对周边区域的控制情况，选取 1.2 的控制系数。本项目透水铺装控制体积为 $0.034 * 1.2 = 0.0408 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 。

则 S32 的海绵设施控制体积为:

$$0.098 \times 57 + 0.1813 \times 194 + 0.0408 \times 157 = 47.16 \text{m}^3.$$

S32 控制降雨量为:

$$H = \frac{47.16}{0.672 \times 2049} \times 1000 = 34.25 \text{mm}$$

查表得年径流总量控制率为 75.2%。

本项目雨水花园、植草沟、透水铺装控制体积占比分别为: 74.6%、11.8%、13.6%，参照指南，取雨水花园、植草沟、透水铺装对 SS 的去除率分别为 80%、60%、80% 则 S32 汇水区 SS 去处理为 $74.6\% \times 80\% + 11.8\% \times 60\% + 13.6\% \times 80\% = 77.64\%$ ，年径流污染物削减率 = $75.2\% \times 77.64\% = 58.4\%$ 。

(2) 模拟校核

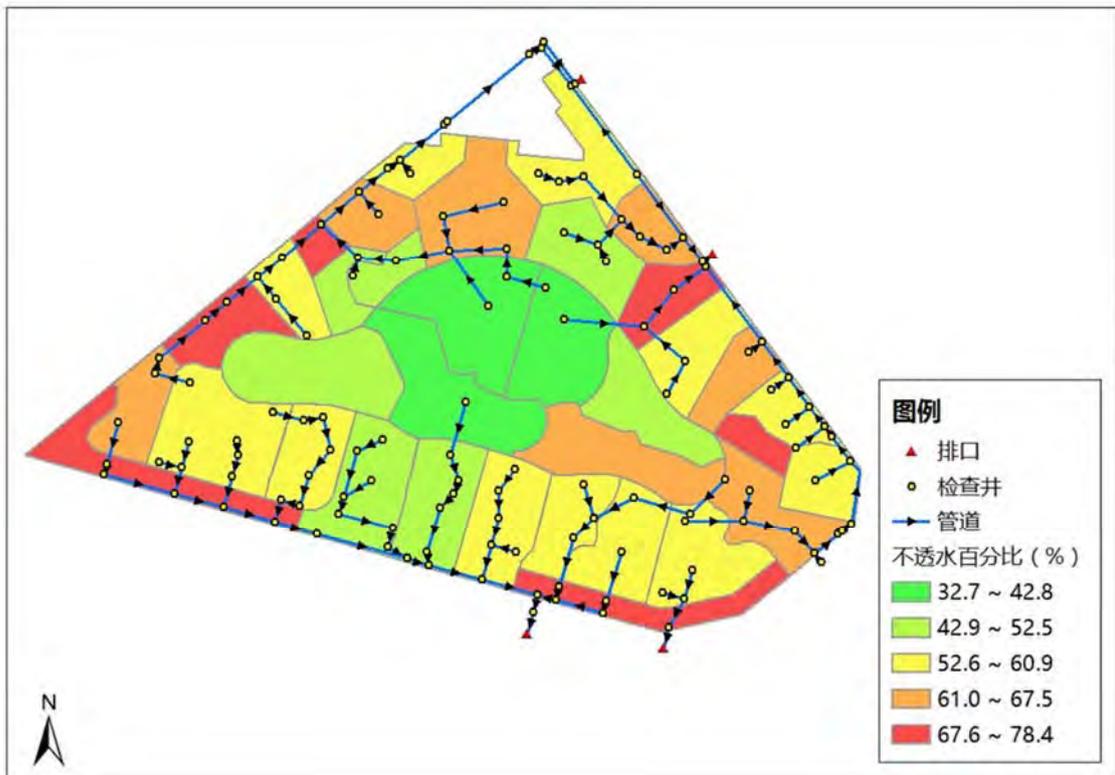


图 3-13 小区模型概化图

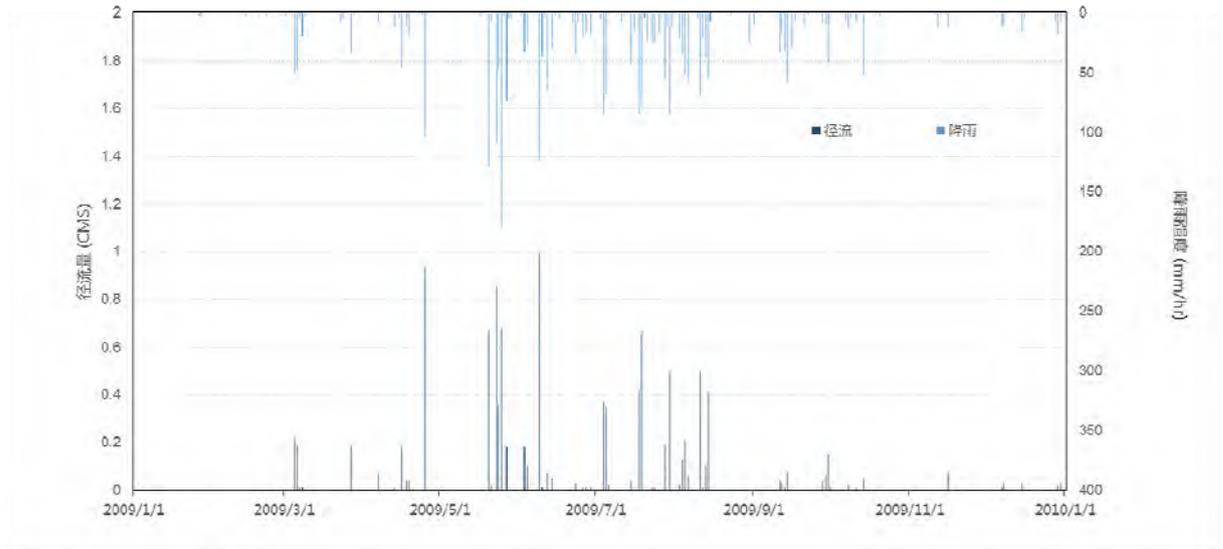


图 3-14 海绵建设前降雨径流模拟图

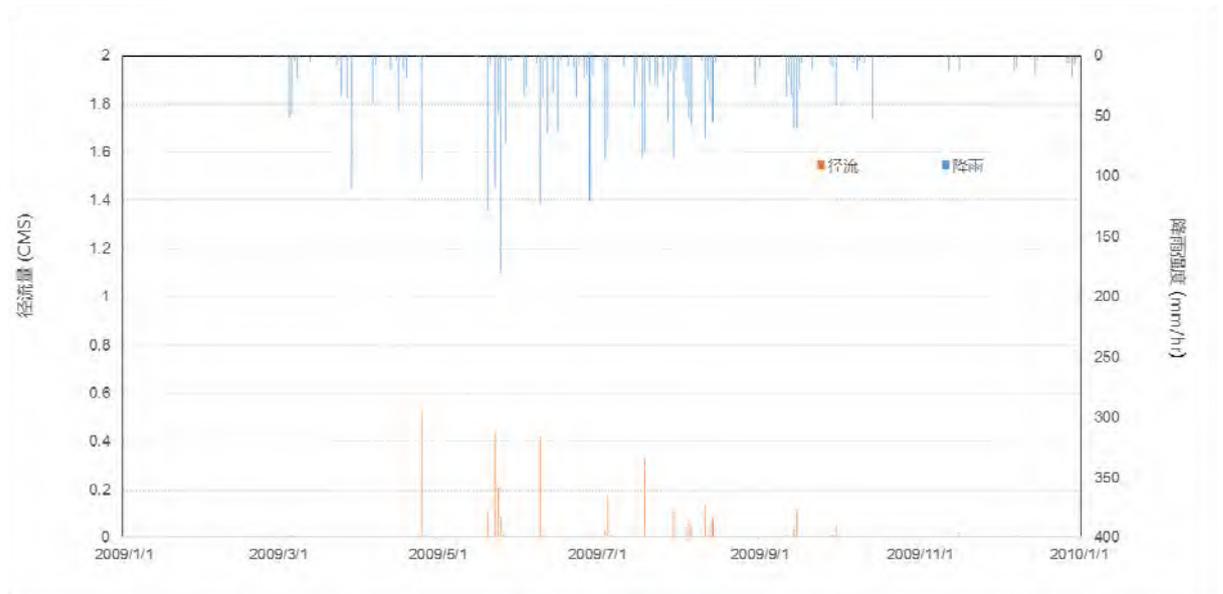


图 3-15 海绵建设后降雨径流模拟图

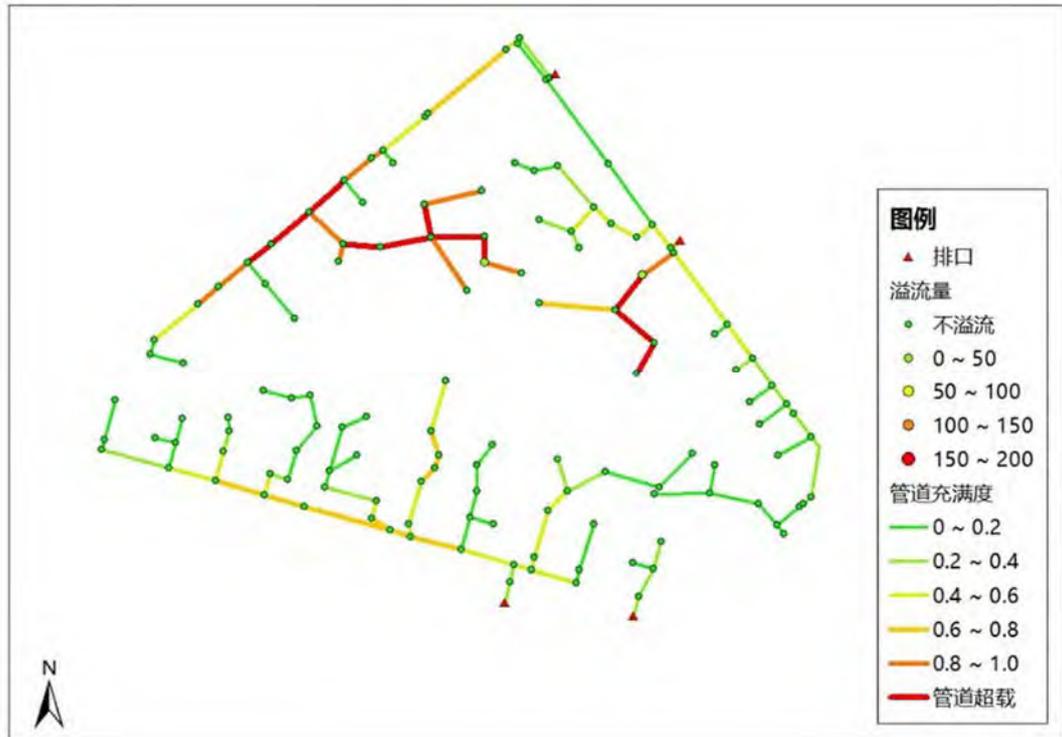


图 3-16 30 年一遇内涝模拟分析图

校核结论:

- 通过模拟分析年连续雨型下,项目范围内传统开发及 LID 的降雨径流过程,模拟结果通过实施海绵城市建设方案,基本可满足 75%年径流总量控制率标准。
- 通过模拟分析 3 年一遇及 30 年一遇降雨情景下传统开发及 LID 的管网排水能力,结果表明,LID 设施可有效降低管道充满度,改善超载状况,降低内涝风险,间接提高管道排水标准。
- 结合前述内涝防治分析,本项目超标雨水溢流不会产生内涝。

案例四:珠海市横琴新区濠江路样板段(道路)

一、项目概况

濠江路位于珠海市横琴新区,西起环岛西路,东至环岛东路,为一条东西向的重要城市次干路,双向四车道,道路全长 7377m,本次改造的濠江路样板段长

为 460m(K1+940—K2+400), 规划道路标准横断面红线宽度 26m+8.75m。其中 8.75m 中包含道路南侧绿化带、非机动车道和人行道。



图 4-1 项目区位示意图

1. 下垫面分析

濠江路样板段北侧分为机动车道、机非隔离带、非机动车道和人行道，北侧道路红线外预留有 5m 景观管廊带。南侧分别为机动车道、机非隔离带、非机动车道、人行道和天沐河景观公园，人行道与天沐河景观公园相接。本道路为先期建设道路，未按照海绵城市理念进行建设。鉴于道路沥青路面及景观绿化仍在施工建设，有条件对道路进行海绵改造。具体下垫面情况分析如下表：

表 4-1 下垫面分析

下垫面	面积 (m ²)	占比 (%)	雨量径流系数
绿化	2760	17.5	0.15
硬质路面	12955	82.5	0.85
合计	15755	100.00	0.72

2. 竖向分析

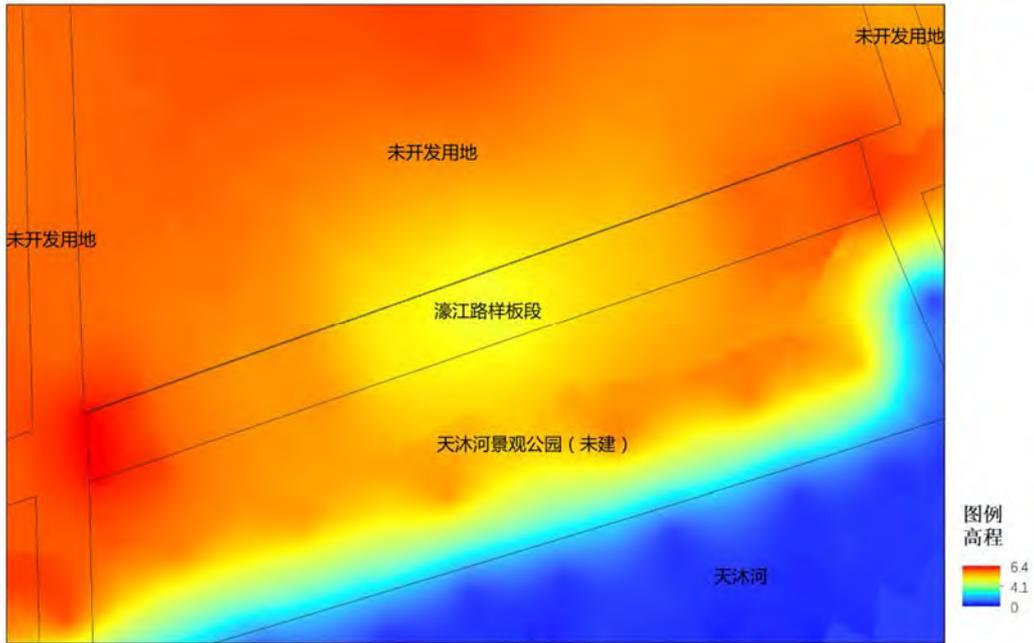


图 4-2 竖向分析图

濠江路样板段北侧地势高，南侧为天沐河，濠江路样板段中部存在局部低点，可能会造成内涝风险。

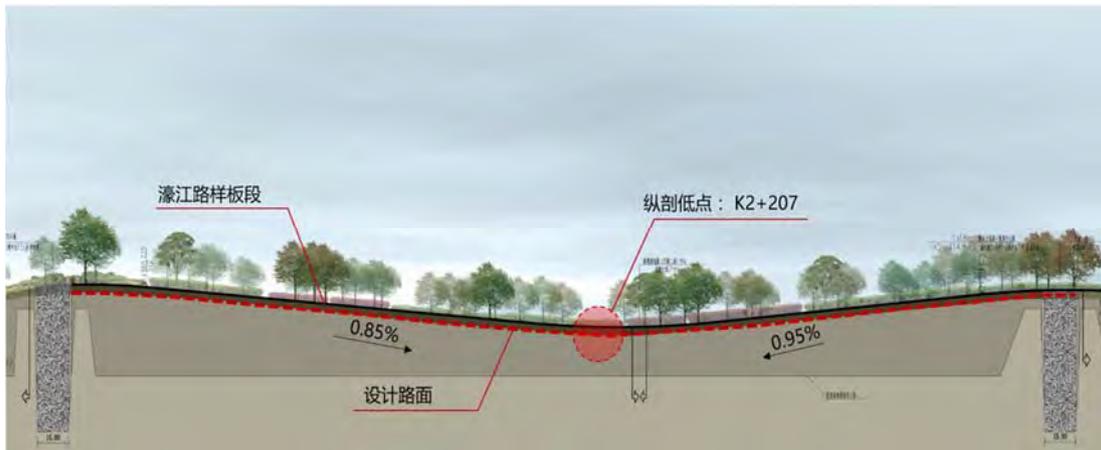


图 4-3 竖向分析图

濠江路样板段道路纵坡范围为 0.85%~0.95%，样板段低点处在 K2+207，该点两侧的道路坡度纵坡较大，在布置 LID 设施时应考虑纵坡对 LID 设施调蓄体积的影响。K2+207 为本段道路的易涝点，应该采取相应工程措施进行内涝防治。

二、设计方案

1. 设计目标

- (1) 年径流总量控制率 $\geq 70\%$ ，对应设计降雨量 28.5mm；
- (2) TSS 去除率 $\geq 50\%$ ；
- (3) 内涝防治标准 50 年一遇。

2. 技术路线

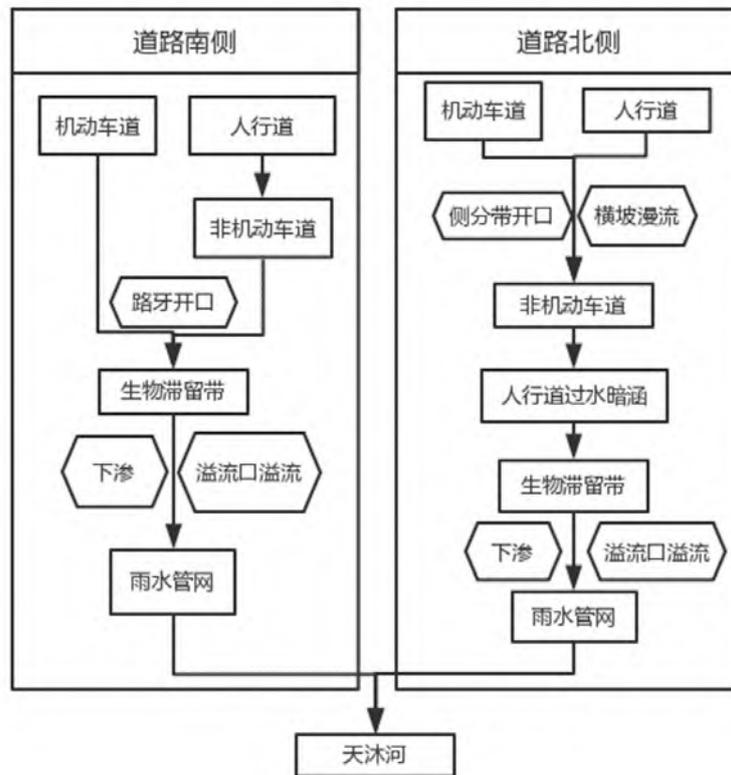


图 4-4 雨水排放流程图

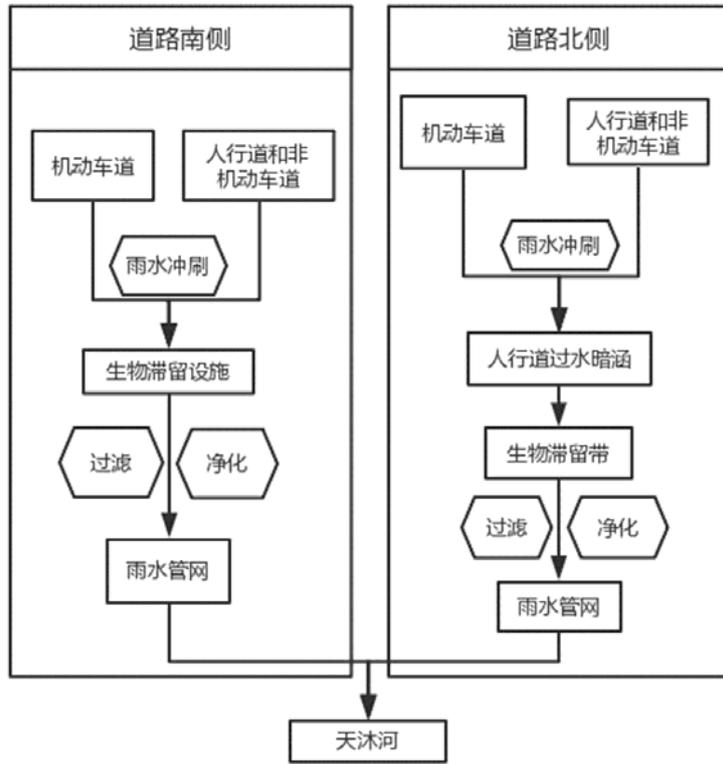


图 4-5 污染管控流程图

3. 总体方案

根据道路竖向及雨水管网收集情况，将本工程设计范围共分为 2 个子汇水区。如下图所示：

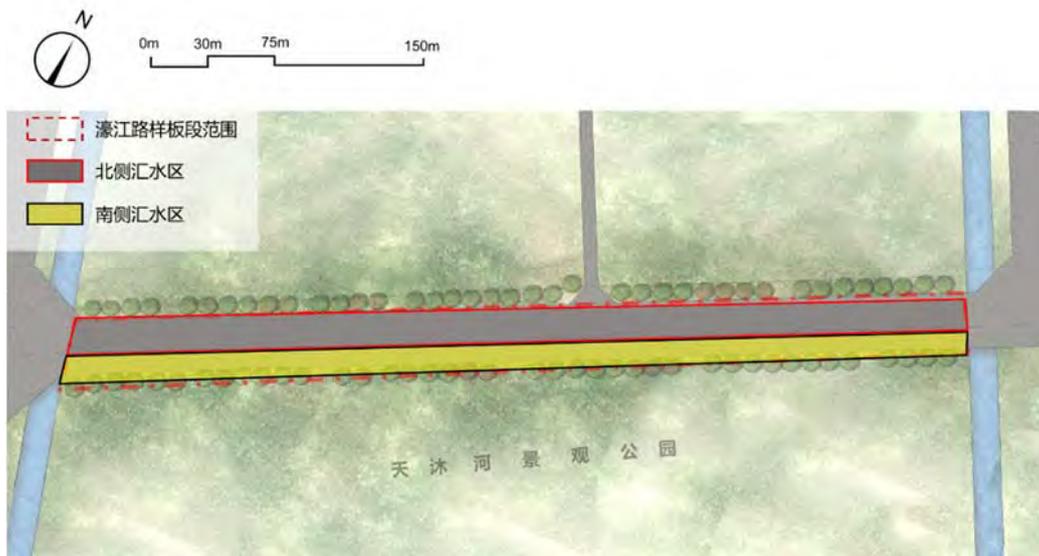


图 4-6 汇水分区示意图

本方案选择道路南侧汇水区作为 LID 方案的样例。南侧道路的人行道下埋有

电力管沟,人行道路面铺装与管沟盖板重合,公园竖向较高,无法将道路雨水引入天沐河公园,故将原设计为 1.5m 的隔离带拓宽为 3m,在隔离带中设置 LID 设施。将隔离带的两侧路缘石每隔 12 米敞开豁口,使机动车道、非机动车道和人行道的雨水通过路缘石开口进入机非隔离带的生物滞留草沟中。在生物滞留草沟中每隔 8m 设置一个挡水堰,每三个挡水堰设置一个溢流口,溢流口高于生物滞留草沟底 0.2m,溢流口处挡水堰要高于溢流口 0.1m,此单元生物滞留草沟整体下降 0.1m,整体下凹深度为 0.4m(非溢流口处生物滞留草沟整体下凹 0.3m)。生物滞留草沟溢流口下部接穿孔排水盲管,接入雨水管网。

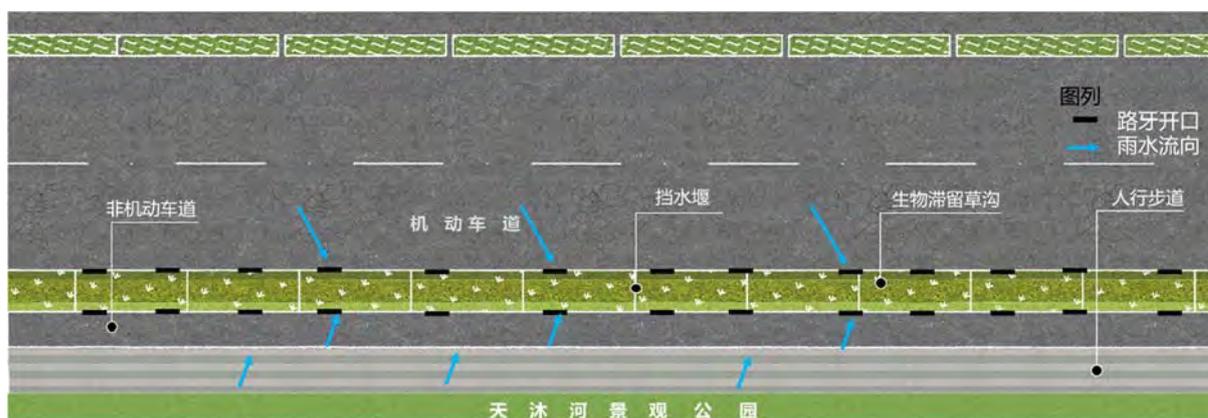


图 4-7 南侧汇水分区 LID 布置示意图

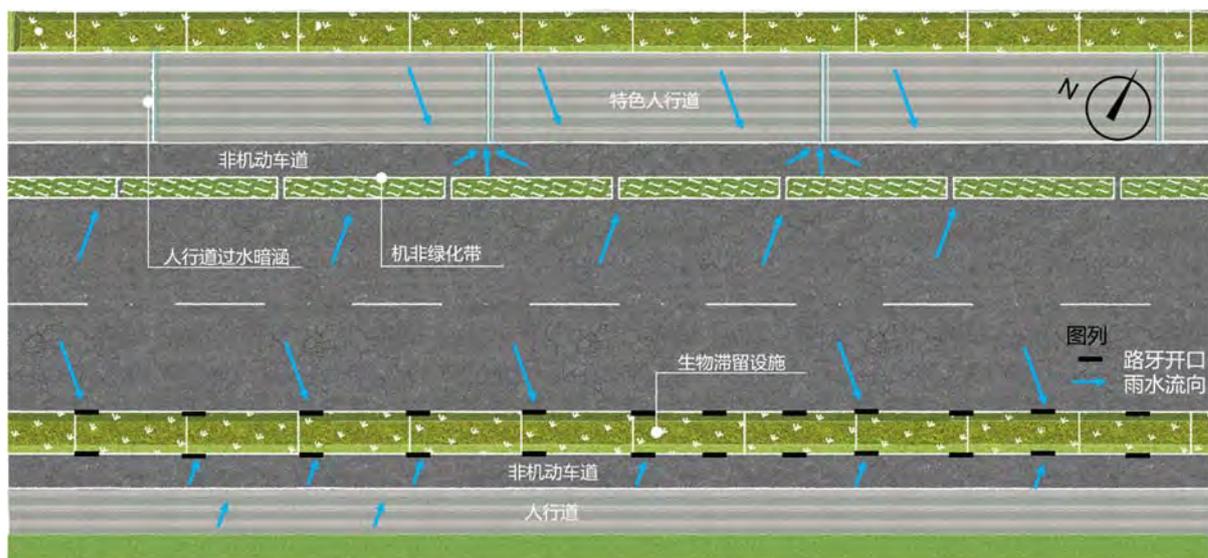


图 4-8 标准段 LID 布置示意图

道路南北两侧的 LID 设施均以 20m 划分为一个单元,布置生物滞留设施。道路机动车道两侧路牙每隔 12m 开口。在生物滞留设施内布置溢流口和挡水堰,挡水堰设在生物滞留设施末端。溢流口高于生物滞留草沟底面 0.2m,挡水堰高

于溢流口 0.1m，溢流口下部接穿孔排水盲管，接入雨水管网。

北侧机动车道的雨水径流通过路牙开口流入非机动车道，机非分隔带间隔 12 米做一个开口，开口长度 0.5m。在人行道下设置人行道过水暗涵，过水暗涵长 0.4m，高 0.15m，每隔 20 米设置一个，引导道路雨水进入道路红线外生物滞留设施中。溢流口高于生物滞留草沟底面 0.2m，挡水堰高于溢流口 0.1m，整体下凹深度为 0.4m（非溢流口处生物滞留草沟整体下凹 0.3m）。生物滞留带下部设有导水盲管，两侧盲管、溢流管与道路市政雨水管网相连。



图 4-9 横断面 LID 布置示意图

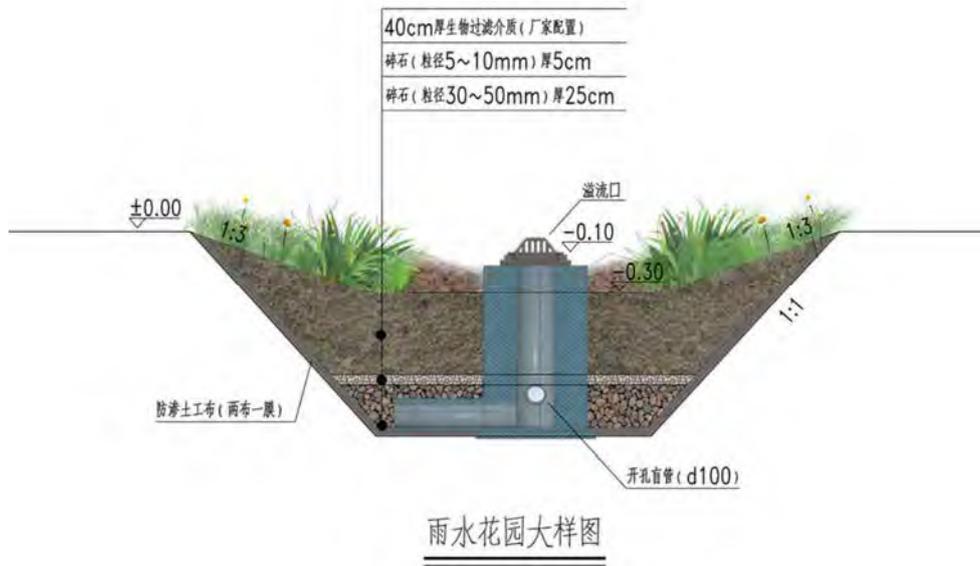


图 4-10 生物滞留草沟大样图



图 4-11 北侧人行道暗涵与生物滞留草沟衔接示意图



图 4-12 南侧人行道过水暗涵示意图



图 4-13 道路两侧路牙开口示意图

4. 内涝防治设计



Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10 ⁶ ltr	Maximum Poned Volume 1000 m ³
J5	0.50	0.071	0	12:05	0.048	0.048
J6	0.25	0.015	0	12:05	0.007	0.007

图 4-14 内涝防治分析图

濠江路设计防涝标准为 50 年一遇，通过模型分析发现道路的 K2+207 为内涝段，涝水量约为 55m³，涝水流量为 86L/s。

参照《室外排水设计规范》(2016版)(GB50014-2006)和《城镇内涝防治技术规范》(GB51222-2017)规范要求:地面积水设计标准为道路中一条车道的积水深度不超过 15cm。



图 4-15 涝水泄流通道设计图

天沐河在道路内涝段 K2+207 的南侧,涝水在路面上积水深度达到内涝条件时,涝水可翻过 15cm 高人行道路面排入路外绿化,绿化绿化为天沐河景观公园,此段天沐河景观公园建设需留有 86L/s 涝水通道,并合理控制竖向,引导涝水排往天沐河。

5. 容积法计算及模型校核

(1) 容积法计算过程

选取南侧汇水分区作为计算示例:

南侧汇水分区面积为 7590 m²,包含道路硬质路面 6210 m²,隔离带绿化面积 1380 m²。

表 4-2 南侧汇水分区改造后的综合雨量径流系数

序号	下垫面名称	面积/m ²	综合雨量径流系数
		A	B
1	硬质路面	6210	0.85
2	绿化带	1380	1
南侧汇水区总面积		7590	
径流系数		$=(A1*B1+A2*B2)/(A1+A2)=0.88$	

根据容积法初算得需要的调蓄容积计算, 需要设置不小于 190m³ 的调蓄容积, 来消纳汇水区在设计降雨量条件下生产的雨水:

表 4-3 南侧汇水分区设计调蓄容积计算:

南侧汇水区总面积 (m ²)	改造后径流系数	设计降雨量 (mm)	设计调蓄容积 (m ³)
A	B	C	$=10*A*B*C/10000$
7590	0.88	28.5	190

海绵设施控制体积 (生物滞留草沟控制体积): 雨水花园的控制体积即为表面蓄水空间体积+换填介质土内部空间体积+底部砾石内部空间体积, 换填介质土孔隙率取 0.2, 底部砾石孔隙率取 0.3。生物滞留草沟控制体积为 0.1428m³/m²。 $V=0.1428*1380=197 \text{ m}^3$, 对应控制雨量为: $H=197/7590/0.88*1000=29.6\text{mm}$, 对应年径流总量控制率为 71%。

面源污染控制率计算如下:

本侧汇水区年径流总量控制率为 71%, 生物滞留草沟的污染物削减率为 0.8, 则年 SS 总控制率即年径流污染物削减率为: $71% \times 0.8=56.8%$ 。

(2) 模拟校核

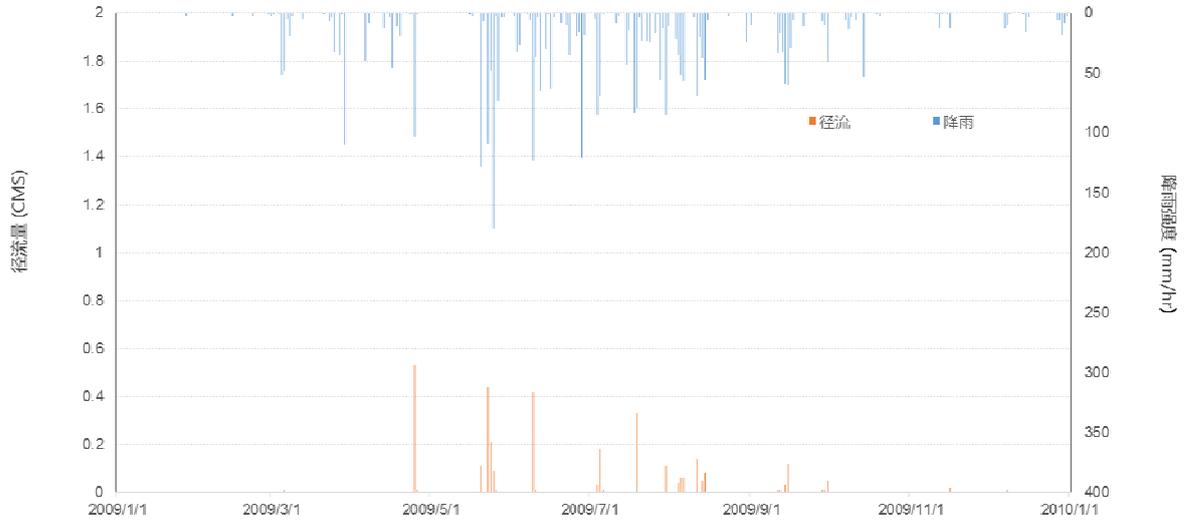


图 4-16 海绵建设后降雨径流模拟图

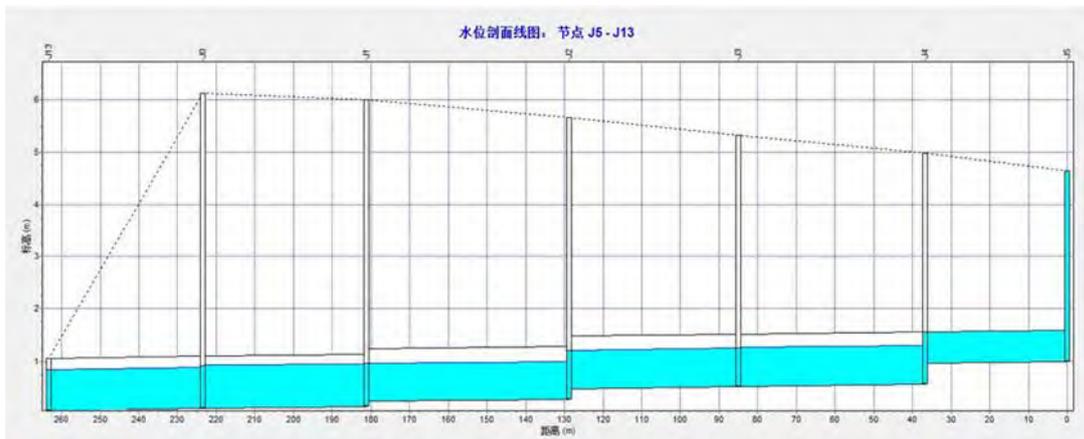


图 4-17 50 年一遇降雨道路西侧雨水管网峰值情况

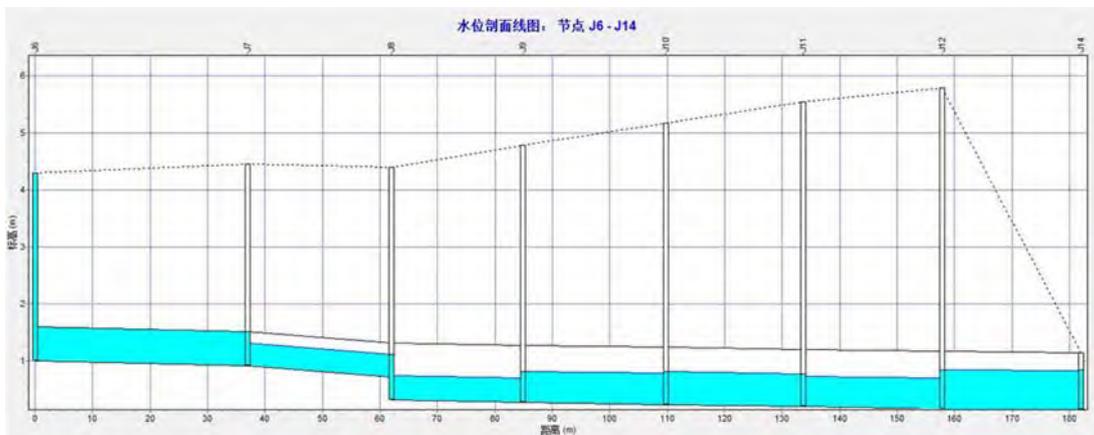


图 4-18 50 年一遇降雨道路西侧雨水管网峰值情况

校核结论：

- 通过模拟分析 2009 年连续雨型下道路传统开发和 LID 改造后的降雨径流过程，模拟结果表明通过实施海绵城市建设方案，可满足 70%年径流总量控制率标准。
- 通过模拟分析 50 年一遇降雨情景下 LID 的管网排水能力，结果表明，道路最低点 K2+207 不会发生内涝风险。

案例五：珠海市横琴新区天沐河防洪景观工程（公园绿地）

一、项目概况

天沐河景观公园位于珠海市横琴新区海绵城市示范区，地点位于珠海横琴新区中心大道以西，濠江路以南，设计面积约 1.7ha，公园南临天沐河，西侧为规划中北 14#排洪渠。



图 5-1 项目区位示意图

1. 下垫面分析



图 5-2 项目下垫面解析图

表 5-1 下垫面情况明细表

下垫面	面积 (m ²)	占比 (%)	雨量 径流系数
绿化	13146.65	78.25	0.15
硬质铺装	628.99	3.74	0.85
透水铺装	3024.36	18.01	0.25
合计	16800	100.00	0.19

2. 竖向分析

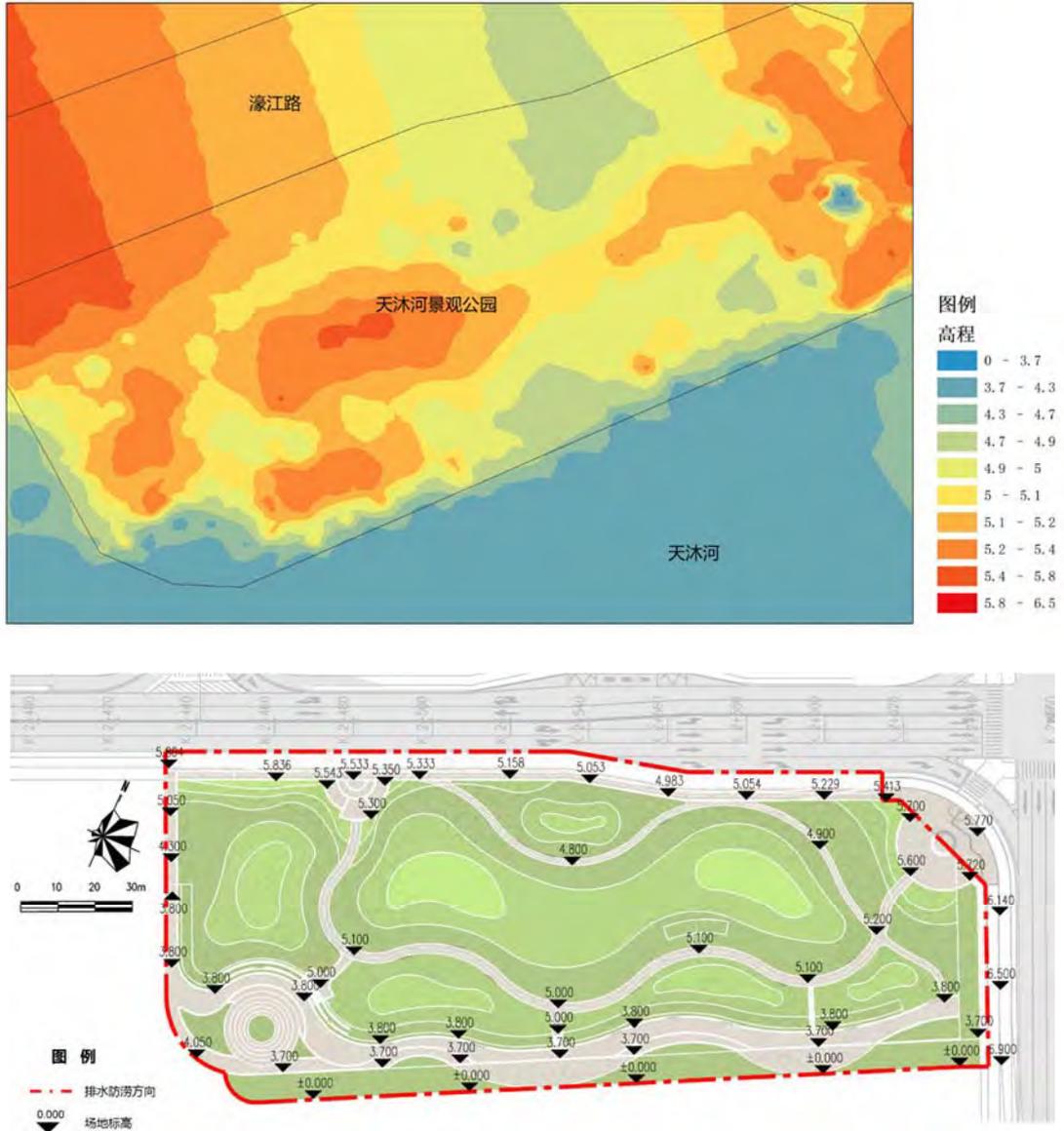


图 5-3 项目竖向分析图

本项目已先期施工，现状场平及部分景观工程已实施，竖向并未按照自然排水系统要求构建。按照珠海市海绵城市建设要求，对现状景观步道及景观绿化不做大改动的基础上，尊重原竖向设计，根据子汇水区的划分，在竖向低点设置 LID 设施。原景观设计竖向为 3.7m~6.5m，维持不变。

二、方案设计

1. 设计目标

- (4) 年径流总量控制率 $\geq 85\%$ ，对应设计降雨量 48.4mm；
- (5) TSS 去除率 $\geq 60\%$ ；

(6) 内涝防治标准 50 年一遇。

2. 技术路线

天沐河景观公园内沿途道路均为透水铺装, 公园内透水铺装及绿化部分不需进行海绵改造, 硬质地面区域雨水需设计相应的 LID 设施控制。分别在 1、2、3 区域的硬质地面外围布置植草沟传输雨水径流至雨水花园控制, 4 区 5 区在硬质区域下方铺设线性排水沟将这部分雨水导入两侧植被生态护岸控制后入天沐河。

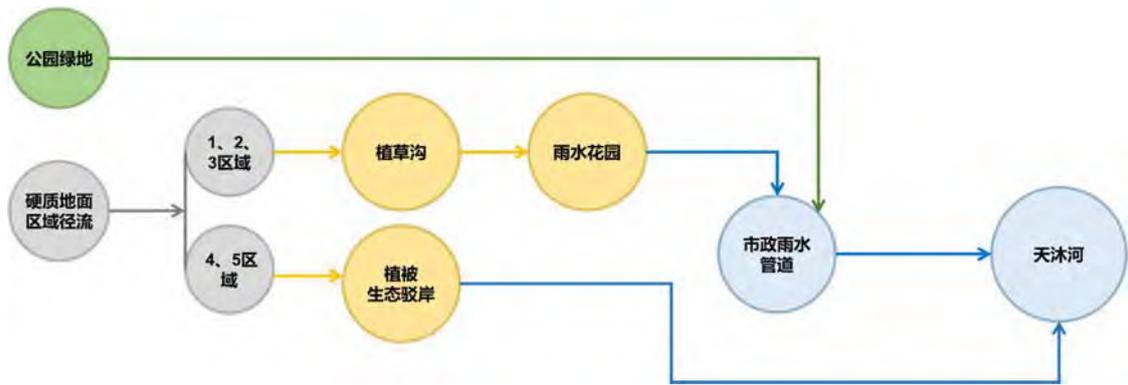


图 5-4 技术路线图

3. 总体方案

根据公园竖向及雨水管网收集情况, 将本工程设计范围共分为 6 个子汇水区。如下图所示:



图 5-5 汇水分区示意图

①②③④⑤⑥号区域为硬质区域,通过植草沟引导径流雨水至雨水花园进行控制。直接下河的硬质石材铺装的雨水通过设置在末端的线性排水沟引导径流至生态护岸控制后再下河,确保入河水质。



图 5-6 LID 平面布置图

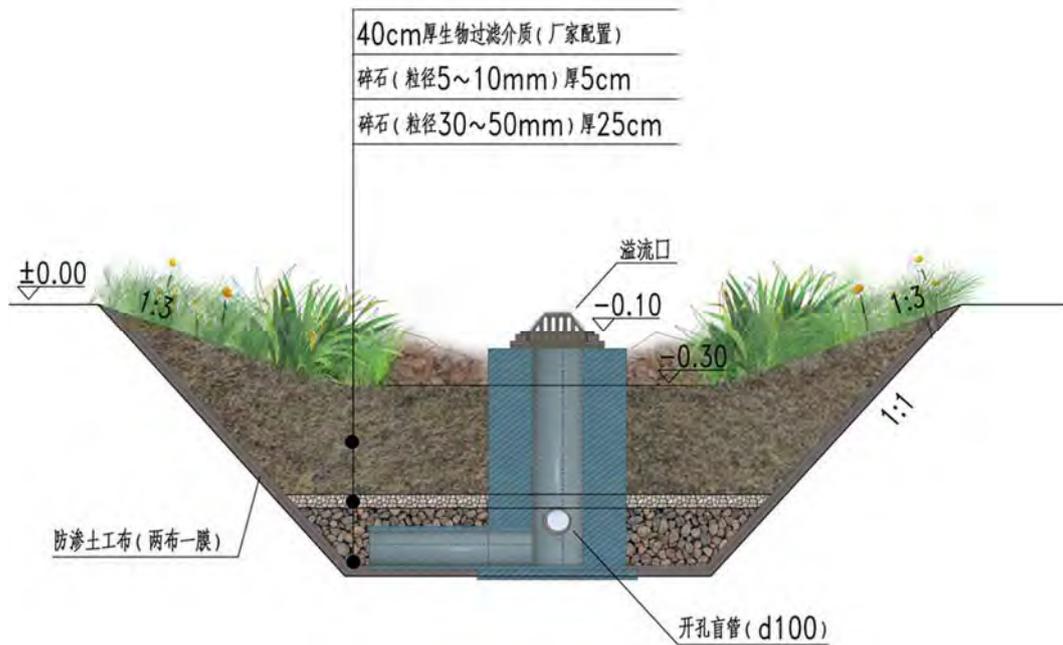


图 5-7 雨水花园大样图



图 5-8 0.6m 植草沟大样图



图 5-9 0.6m 植草沟大样图

4. 内涝防治设计

由于公园北侧濠江路通过 LID 设施消纳自身雨水，天沐河公园仅需解决自身雨水。园区地下水位高，丰水季节园区地下水位高于天沐河常水位，地下水排向天沐河，且土壤下渗性差，雨水通过地表径流汇入园区管道，最终排入天沐河。故本项目不存在内涝问题。

5. 容积法计算及模型校核

(1) 容积法计算过程

选取汇水分区 S1 作为计算示例：



图 5-10 S1 方案设计图

S1 汇水分区为：S1 区域为半圆形硬质地面广场，广场四周为地被植物及乔木。在广场边（上图橙色线）设置 0.6m 宽植草沟收集 S1 汇水区雨水，并沿乔木间缝隙设宽为 1m 植草沟（上图绿色折线）引水至无乔木区域，设置宽大于 3m 的雨水花园（上图蓝色区域）。设置雨水花园的地方高程较高，需进行微地形改造降低该处高程。设置雨水花园面积 30 m²，传输型草沟面积 29.7 m²

LID 设施中雨水花园、植草沟计算综合雨量径流系数取 1。硬质地面综合雨量径流系数取 0.85，绿地综合雨量径流系数取 0.15，计算综合雨量径流系数为 0.347。

植草沟的控制体积计算：植草沟的控制体积为表面蓄水部分的空间体积，需根据蓄水深度、面积、植草沟横断面、草沟纵坡综合计算，本项目 0.6m 宽植草沟控制体积为 0.05m³/m²，本项目 1m 宽植草沟控制体积为 0.07m³/m²。

雨水花园的控制体积计算：雨水花园的控制体积为为表面蓄水部分空间体积+换填介质土内部空间体积+底部砾石内部空间体积，换填介质土孔隙率取 0.2，底部砾石孔隙率取 0.3。本项目雨水花园控制体积为 0.23m³/m²。

则 S1 的海绵设施控制体积为 $16.6 \times 0.6 \times 0.05 + 19.74 \times 0.07 + 30 \times 0.23 = 8.78\text{m}^3$

S1 控制降雨量为:

$$H = \frac{8.78}{0.347 \times 491.33} \times 1000 = 51.52\text{mm}$$

查表得年径流总量控制率为 86.40%。

本项目雨水花园、植草沟串联, 参照指南, 取雨水花园对 SS 的去除率分别为 80%, 则 S1 汇水区 SS 去处理为 80%, 年径流污染物削减率 = $86.40\% \times 80\% = 69.12\%$ 。

(2) 模拟校核

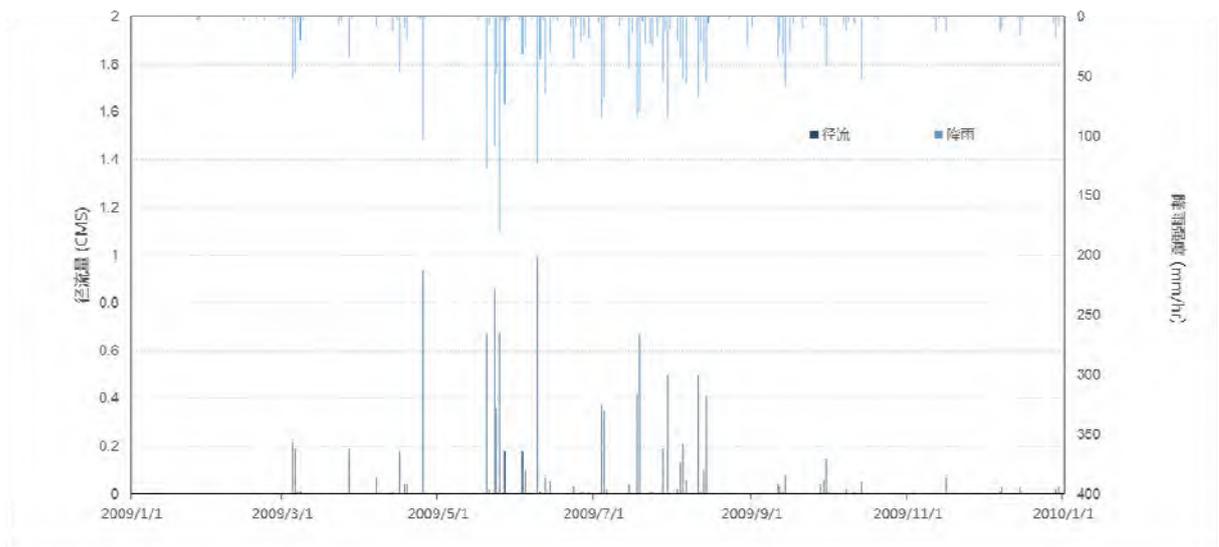


图 5-11 海绵建设前降雨径流模拟图

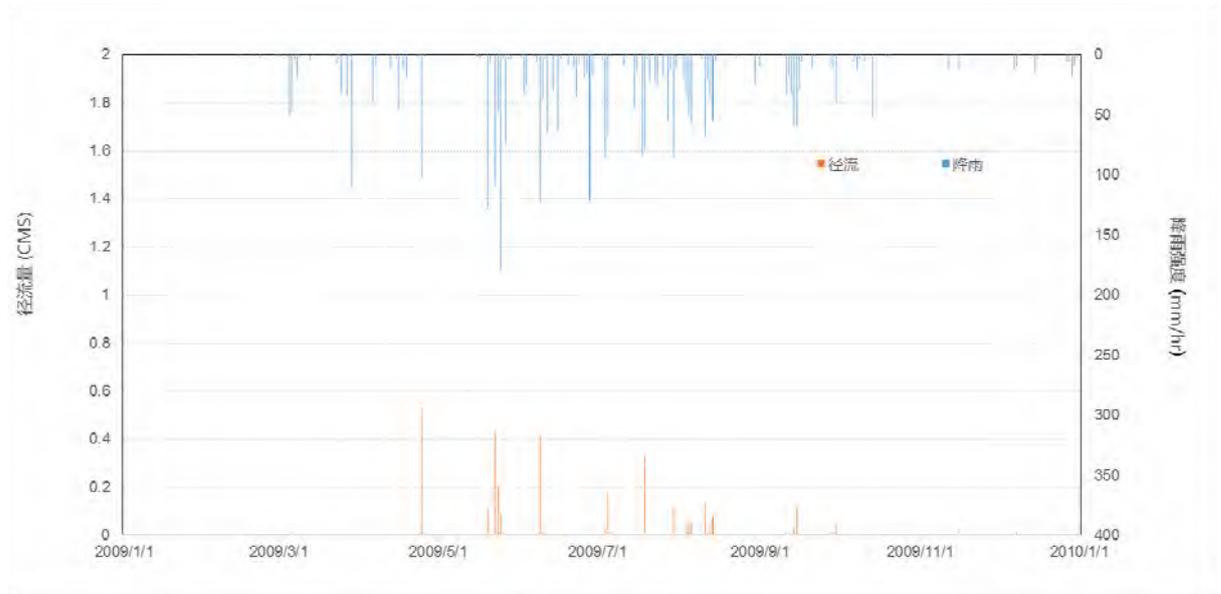


图 5-12 海绵建设后降雨径流模拟图

校核结论:

- 通过模拟分析年连续雨型下，项目范围内传统开发及 LID 的降雨径流过程，模拟结果通过实施海绵城市建设方案，基本可满足 85%年径流总量控制率标准。

案例六：河湖水系及生态化岸线改造概述（河湖水系）

海绵城市中的末端治理是在雨水源头治理的基础上，通过区域内的水库、河流、湿地等设施，通过自然净化的方式，进一步对雨水径流污染进行降解，结合城市污水截污纳管等工作，共同营造水体良好的水质。根据珠海市的排水特点，雨水降雨排水末端，主要是山塘水库、排洪渠、湿地及部分近海海域。

一、 湿地建设保护

人工湿地一般由进水口、前置塘、浅/深沼泽区、出水池、溢流出水口、护坡及驳岸、维护通道等构成，其系统原理如下：

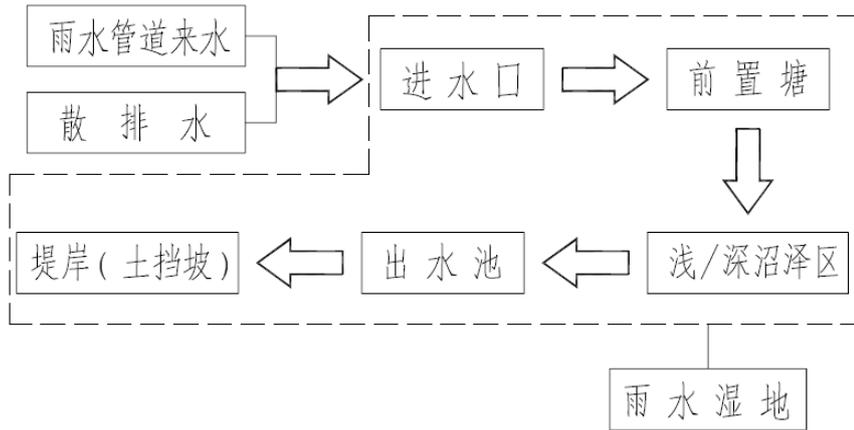


图 6-1 人工雨水湿地原理图

进水口及溢流口设置碎石、消能坎等消能设施，防止水流冲刷和侵蚀；沼泽区分为浅沼泽区和深沼泽区，浅沼泽区水深为 0-0.3m，深沼泽区水深一般为 0.3-0.5m，可根据水深不同种植不同类型的水生植物。

人工湿地储存容积一般按容积法进行计算，雨水湿地调节容积一般应在 24 小时内排空，也可充分利用地形地貌，提高停留时间。

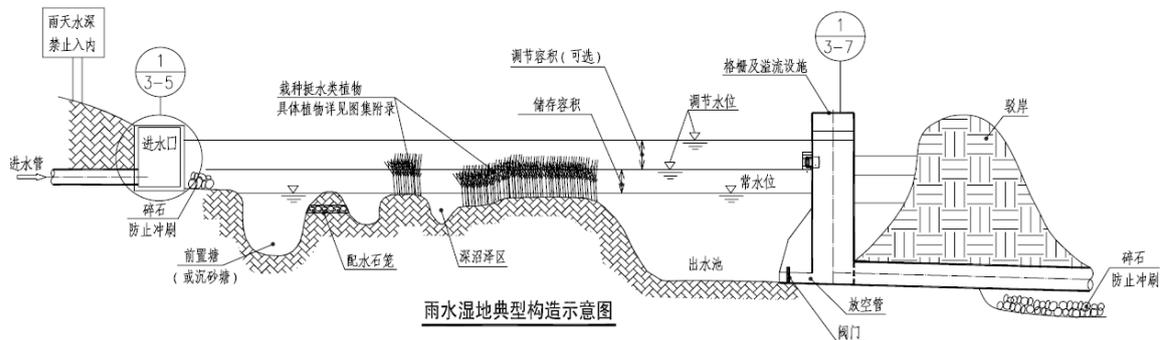


图 6-2 人工雨水湿地典型构造示意图

二、河涌生态化改造

河涌生态化改造的目的是为了改善水环境质量，而出现水环境质量问题的根源在于点源污染和面源污染，应加快全市污水管网改造工作，新建地区严格按雨污分流进行建设，现状合流区域加快进行雨污分流改造或截污改造。结合幸福村居创建，对暂时无法纳入市政污水收集处理系统的村居建设一体化污水处理设施，解决农村污水污染问题。在此基础上，对位于城市建成区内的现状河涌进行生态化改造，逐步恢复河道自然生态，恢复物质能量交换功能，强化河涌自净能力。

河涌生态修复的核心是底泥的无机化、水体的有氧化和岸线的生态修复,使水体逐渐恢复自净能力,河岸、河流、河底逐步形成稳定的生态系统。围绕这三方面内容,提出各类河涌生态修复的具体方案。

(1) 底泥生态修复

目前,底泥的生态修复,主要是借助微生物直接分解有机污染物,进行底泥氧化。这样就能在底泥的表面(泥水界面)形成一层氧化膜,降低底泥中有机碳的含量,一方面可以提高底泥氧化还原电位,强化底泥对上覆水体有机物分解的能力,另一方面,底泥营养盐分的释放,可以促进藻类生长和水体复氧,溶解氧的升高又有助于好氧微生物区系的建立,有利于污染物在好氧条件下的彻底降解,并刺激摄食藻类的微型动物、甚至鱼类的恢复和生长,它们可使过高的藻类密度得以降低,恢复至正常水平。因而可以节省大量疏浚费用,同时能减少疏浚带来的环境干扰。具体操作中,用河涌的水体将土著微生物培养液和一定量共代谢底物等辅助药物、生物促生液、生物解毒剂稀释混和后,直接喷洒在河涌底泥上。

(2) 水体生态修复

水是各种水生生物栖息的场所。在被污染的河涌中,由于缺乏溶解氧,使各种水生生物难以生存,厌氧分解使水体变黑发臭。因此,水体复氧是生态修复的重点和首要步骤。水体复氧可以利用水车式增氧机进行曝气增氧,在有条件的地带可修建橡胶坝营造人工水位落差,促进水体流动和水气界面的物质交换。

在此基础上,通过向水体中投放特效微生物菌落、生物促生剂等措施进行水体生物修复。在部分有条件的河段,还可以人为投放水生植物、水生动物,引进关键物种,重建生态食物链。利用水生植物吸收底泥或污水中的营养元素,并通过光合作用释放氧气。利用水生动物吞食水生植物,防止其过量繁殖。对富营养化比较严重的河段,可利用藻类消耗 N、P 元素,但需要人工打捞所产生的大量藻类。

(3) 岸线生态修复

文中所指的岸线包括河涌两岸的植被绿化带以及河岸护坡，其生态修复介绍如下：

河岸带植被恢复是河涌生态修复的重要组成部分，河岸生态缓冲带是介于河涌和河岸之间的生态过渡带，具有明显的边缘效应具有调节气候、涵养水源、滞洪补枯、防止土壤侵蚀、降解环境污染，对面源污染、地表径流营养盐分具有阻滞作用，形成生物廊道、提供生物的栖息地、维持生物多样性和生态平衡、保持城市地下水资源平衡以及调节区域 C、N 等元素的生物地球化学循环等功能。在建设中，河岸生态缓冲带尽可能采用多孔渗水路面，植物采用本土树种，建立乔、灌、草相搭配，功能完善的河道天然植被带，发挥其生态功能。针对珠海市现状河道特征，提出以下改造方案：

1. 渠肩两侧用地受限的一般排洪渠生态改造方案

由于用地条件限制，尽量不改变现状排洪渠的断面形式。在一般居住区有景观亲水空间的，可根据需要在一侧或两侧增加景观平台，景观平台宽度按照 2.5m 进行控制。为避免断面的千篇一律，可设置亲水楼梯，或者在局部有用地条件的渠段改变断面形式，打造景观小品；也可以结合两侧特色建筑，打造风情街。在两侧渠壁顶部增加悬挂花盆，种植藤蔓类亲水植物，美化渠壁效果。通过相关蓄水补水工程措施，满足排洪渠打造生态环境的最低需水量要求；渠体水质达标后，可通过去除原来的硬质化渠底，恢复自然渠底，保持渠体与周围环境的物质流动通道的畅通；渠底通过抛石、种植净水植物，为微生物提供生存环境，建立生物循环系统提高水体自净能力；在两侧渠壁顶部增加悬挂花盆，种植藤蔓类亲水植物，植物生长与渠体水环境营造一定的生态互动。同时，也可通过人工放养鱼类，使排洪渠成为市民休闲娱乐的亲水场所。



图 6-3 现状河道改造示意图 (两侧用地受限-纯景观改造)



图 6-4 两侧用地受限时改造实例

2. 渠肩两侧用地受限, 在人流活动比较密集、对于生态、景观、亲水有较高要求、渠宽超过 20m 的大型现状渠生态改造方案

断面形式: 将现状原矩形或梯形断面内部进行改造, 改造成复式断面的形式。渠体两侧设置二级平台, 二级平台高度控制在多年平均高潮位+0.5m 安全超高的位置。

行洪安全: 二级平台以下为平常行洪的主河道区, 当洪水期时, 允许渠体水位漫过, 但不得超过排洪渠本身设计水位。为减少对原渠道过水断面的影响, 下部采用 $m=0.25\sim 0.5$ 的边坡形式。由于渠体内增加二级缩小了原过水断面, 需进行水力计算的校核。

生态改造: 二级平台下的主河道边坡使用鱼巢砖和生态砖, 其中生态最低水位以下使用鱼巢砖为动物提供栖息场所, 生态最低水位以上使用生态挡墙砖

为植物生长提供生态环境。二级平台使用透水砖，新建生态挡墙砖与原硬质渠体之间填充杂石透水层。

二级平台以上设置植物景观带，种植景观类和藤蔓类植物，对原渠体进行绿化遮挡。去除原来的硬化渠底，恢复自然渠底，保持渠体与周围环境的物质流动通道的畅通；渠底通过抛石、种植净水植物，为微生物提供生存环境，建立生物循环生态系统提高水体自净能力。通过相关蓄水补水工程措施，控制有不小于 0.7m 的水位，满足排洪渠打造生态环境的最低需水量要求。

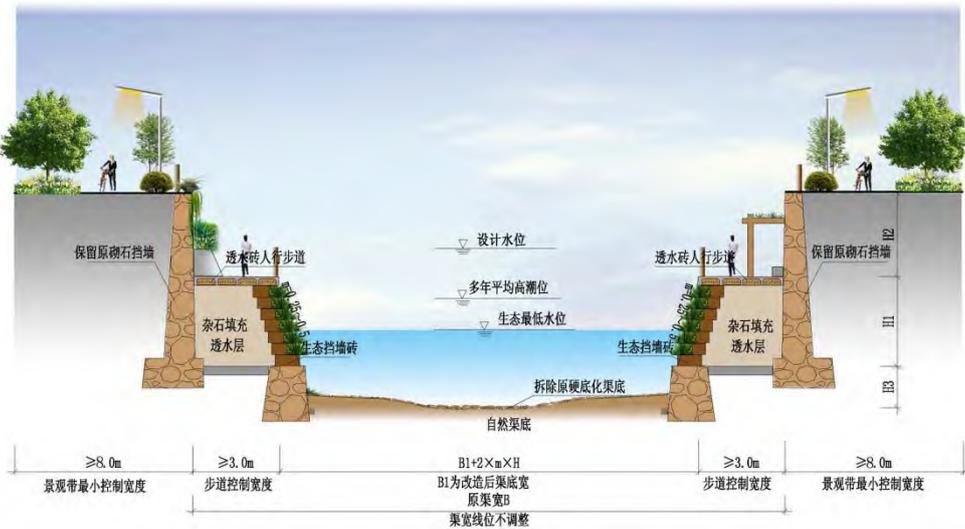


图 6-5 现状河道改造示意图 (两侧用地受限-打造亲水平台)



图 6-6 现状河道改造示意图 (两侧用地受限-打造亲水平台) 示意图

3. 渠肩一侧用地受限，一侧有少量改造用地条件，有生态要求的一般排洪渠生态改造方案

断面形式：现状无用地条件的渠肩侧保持现状渠壁不变，另一侧采用斜坡梯形断面形式进行改造，边坡系数 m 取 $0.5 \sim 2.0$ 。

行洪安全：相当于扩大了原排洪渠过水断面，更有利于城市行洪安全。

生态改造：考虑到一侧用地受限改造困难，仍保留现状硬质渠壁。在两侧渠壁顶部增加悬挂花盆，种植藤蔓类亲水植物，植物生长与渠体水环境营造一定的生态互动。有用地条件一侧的渠壁拆除，新建护岸使用鱼巢砖和生态砖，其中生态最低水位以下使用鱼巢砖为动物提供栖息场所，生态最低水位以上使用生态挡墙砖为植物生长提供生态环境。去除原来的硬质化渠底，恢复自然渠底，保持渠体与周围环境的物质流动通道的畅通；渠底通过抛石、种植净水植物，为微生物提供生存环境，建立生物循环生态系统提高水体自净能力。通过相关蓄水补水工程措施，控制有不小于 0.7m 的水位，满足排洪渠打造生态环境的最低需水量要求。植物应选择咸淡水皆适宜生长、同时具有净水能力的水生植物。



图 6-7 现状河道改造示意图（单侧改造-单侧用地条件充裕）

4. 渠肩一侧用地受限，一侧有少量改造用地条件，人流密集，对生态景观和亲水要求较高的排洪渠生态改造方案

断面形式：将现状原矩形或梯形断面，改造成不对称型复式断面的形式。现状无用地条件的渠壁保持不变，另一侧改造成下梯形上矩形的复式断面形式，中部设置设置二级平台，平台高度控制在多年平均高潮位+0.5m 安全超高的位置；平台宽度按下移的人行道宽度设置（不宜小于 4.0m）。二级平台以下为平常行洪的主河道区，当洪水期时，允许渠体水位漫二级平台，但不得超过排洪渠本身设计水位。为节省有限的用地条件，下部采用 $m=0.25\sim 0.5$ 的边坡形式。

行洪安全：一侧保持不变，一侧向外改造成复式，相当于扩大了原排洪渠过水断面，更有利于城市行洪安全。

生态改造：考虑到一侧用地受限改造困难，仍保留现状硬质渠壁。在该侧渠壁顶部增加悬挂花盆，种植藤蔓类亲水植物，植物生长与渠体水环境营造一定的生态互动。另一侧拆除原硬质挡墙，将原人行道下移改造成步道景观带。景观带上部设置绿化台，种植景观类和藤蔓类植物，对混凝土墙体进行绿化遮挡；景观带建设材料使用生态透水砖。主河道边坡使用鱼巢砖和生态砖，其中生态最低水位以下使用鱼巢砖为动物提供栖息场所，生态最低水位以上使用生态挡墙砖为植物生长提供生态环境。去除原来的硬质化渠底，恢复自然渠底，保持渠体与周围环境的物质流动通道的畅通；渠底通过抛石、种植净水植物，为微生物提供生存环境，建立生物循环生态系统提高水体自净能力。通过相关蓄水补水工程措施，控制有不小于 0.7m 的水位，满足排洪渠打造生态环境的最低需水量要求。渠肩绿化景观带、二级平台植物景观带、植物生长生态挡墙砖、动物生长鱼巢挡墙砖、自然渠底以及通过工程措施控制的渠体水位，与周围环境保持生态通廊，共同营造和建立排洪渠的生态体系。植物应选择咸淡水皆适宜生长、同时具有净水能力的水生植物。



图 6-8 现状河道改造示意图（单侧改造-单侧具备一定的用地条件）

5. 渠肩两侧有改造用地条件，有生态要求的一般排洪渠生态改造方案

断面形式：将现状排洪渠的矩形断面改造成梯形断面，边坡系数 m 取 $0.5 \sim 2.0$ 。

行洪安全：相当于扩大了原排洪渠过水断面，更有利于城市行洪安全。

生态改造：拆除原混凝土硬质挡墙，利用原挡墙基础，渠体新建护坡使用生态挡墙砖技术，为植物生长提供生态环境。去除原来的硬质化渠底，恢复自然渠底，保持渠体与周围环境的物质流动通道的畅通；渠底通过抛石、种植净水植物，为微生物提供生存环境，建立生物循环生态系统提高水体自净能力。通过相关蓄水补水工程措施，控制有不小于 0.7m 的水位，满足排洪渠打造生态环境的最低需水量要求。渠肩绿化景观带、植物生长生态挡墙砖、自然渠底以及通过工程措施控制的渠体水位，与周围环境保持生态通廊，共同营造和建立排洪渠的生态体系。植物应选择咸淡水皆适宜生长、同时具有净水能力的水生植物。

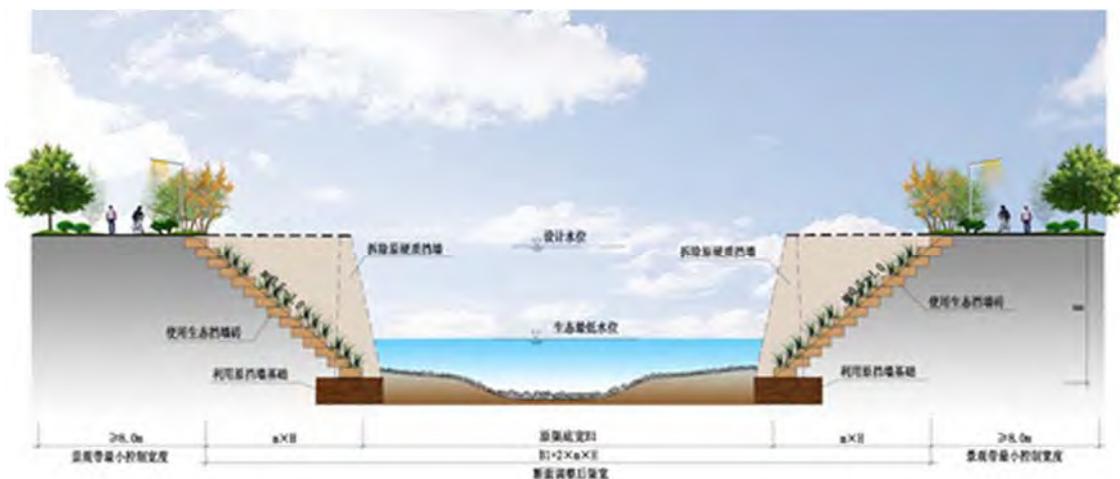


图 6-9 现状河道改造示意图（双侧改造）

6. 渠肩两侧有改造用地条件，对生态、景观和亲水有一定要求的排洪渠生态改造方案。如位于居住区的现状渠生态改造

断面形式：将现状排洪渠的矩形断面改造成复式断面，形式为上下部均采用梯形，中部设二级平台，二级平台高度控制在多年平均高潮位+0.5m 安全超高的位置，二级平台设亲水步道，按 3.0m 进行宽度控制。二级平台以下为日常行洪的主河道区，采用 $m=0.5 \sim 1.0$ 的边坡形式。二级平台上部阶梯型植物带。

行洪安全：相当于扩大了原排洪渠过水断面，更有利于城市行洪安全。

生态改造：拆除两侧原渠壁挡墙，利用原挡墙基础，二级平台建设材料使用生态透水砖。两侧二级平台下的主河道边坡均使用鱼巢砖和生态砖，其中生态最低水位以下使用鱼巢砖为动物提供栖息场所，生态最低水位以上使用生态

挡墙砖为植物生长提供生态环境。二级平台上部为阶梯型植物种植区, 选择具有净化功能、景观效果的植物。去除原来的硬质化渠底, 恢复自然渠底, 保持渠体与周围环境的物质流动通道的畅通; 渠底通过抛石、种植净水植物, 为微生物提供生存环境, 建立生物循环生态系统提高水体自净能力。通过相关蓄水补水工程措施, 控制有不小于 0.7m 的水位, 满足排洪渠打造生态环境的最低需水量要求。渠肩绿化景观带、两侧二级平台植物景观带、植物生长生态挡墙砖、动物生长鱼巢挡墙砖、阶梯式植物带、自然渠底以及通过工程措施控制的渠体水位, 与周围环境保持生态通廊, 共同营造和建立排洪渠的生态体系。阶梯式植物带在有净化水质、恢复生物多样性方面可以起到积极的作用, 是重点打造的生态景观区域。

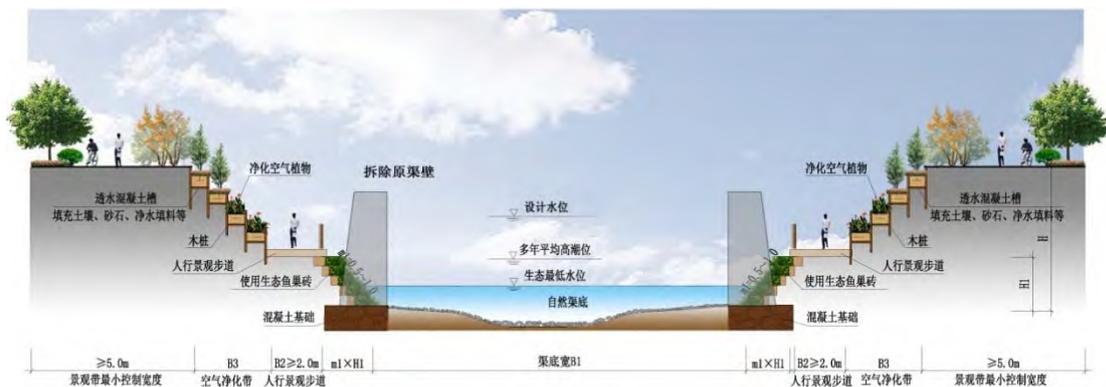


图 6-10 现状河道改造示意图(双侧改造)

7. 肩两侧有较大的改造用地条件, 对生态、景观和亲水有较高要求的排洪渠生态改造方案。

断面形式: 将现状原矩形或梯形断面, 改造成复式断面的形式。原渠体内侧设置二级平台, 由亲水景观步道和绿道组成。二级平台高度控制在多年平均高潮位+0.5m 安全超高的位置, 亲水景观步道和绿道均按 3.0m 进行宽度控制。二级平台以下为日常行洪的主河道区, 当洪水期时, 允许渠体水位漫过, 但不得超过排洪渠本身设计水位。二级平台下部采用 $m=0.25\sim 0.5$ 的边坡形式, 上部使用自然缓坡。

行洪安全: 原渠壁内侧虽然设置二级平台, 但二级平台以上原渠壁拆除, 两侧放大坡度缓坡外扩, 实际上相当于在洪水期时扩大了原排洪渠过水断面, 更有利于城市行洪安全。

生态改造：两侧二级平台下的主河道边坡均使用鱼巢砖和生态砖，其中生态最低水位以下使用鱼巢砖为动物提供栖息场所，生态最低水位以上使用生态挡墙砖为植物生长提供生态环境。二级平台下层边坡与原渠壁之间填充杂石透水层，与生态挡墙砖一起为动植物提供了生长空间。去除原来的硬质化渠底，恢复自然渠底，保持渠体与周围环境的物质流动通道的畅通；渠底通过抛石、种植净水植物，为微生物提供生存环境，建立生物循环生态系统提高水体自净能力。通过相关蓄水补水工程措施，控制有不小于 0.7m 的水位，满足排洪渠打造生态环境的最低需水量要求。两侧二级平台植物景观带、植物生长生态挡墙砖、动物生长鱼巢挡墙砖、自然渠底以及通过工程措施控制的渠体水位，与周围环境保持生态通廊，共同营造和建立排洪渠的生态体系。同时，排洪渠结合渠壁改造建设休闲景观带公园，按生态理念建设，有净化水质、恢复生物多样性的生态廊道功能。

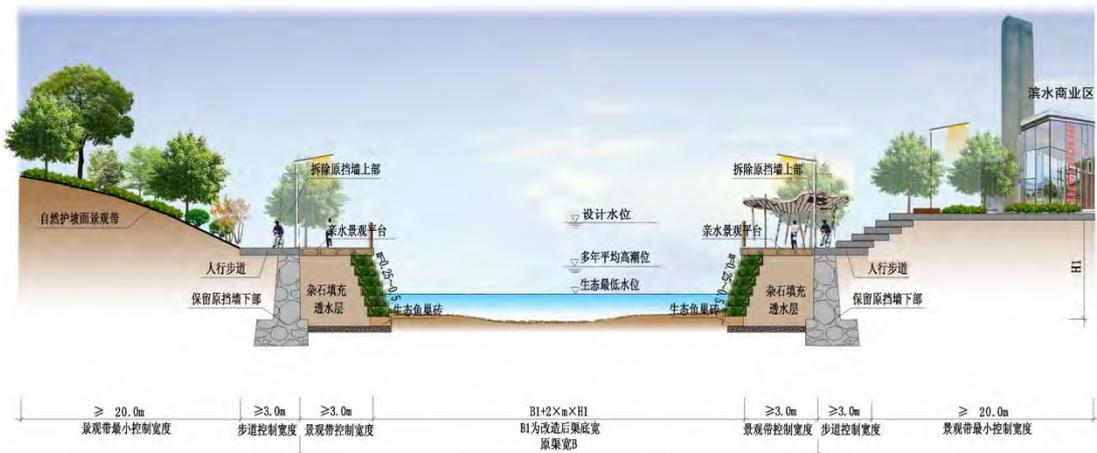


图 6-11 现状河道改造示意图（双侧改造-双侧用地条件充裕）

三、 外江堤岸、海堤生态化改造

生态堤防是一门新兴的科学，是融现代水利工程学、环境科学、生物学、生态学、美学等学科为一体的综合水利工程。所谓的生态堤防，是指在堤防的设计和建设过程中，以景观生态学原理为指导，遵循自然规律，在保持河流及海洋生态系统平衡的基础上，结合河流和海洋自身的生态现状，注重其生态系统需求，因地制宜地设计和建设具有自然岸线水土循环的人工堤防。

从广义上讲，只要遵循自然规律，从堤身及护岸的结构、材料等方面满足滨水动植物生长和繁殖要求的堤防都可称之为生态堤防（比如沙滩修复型、抛

石护岸型等)。但从狭义上讲,生态堤防建设,应避免使用硬性材料,在现状地形的基础上,适当扩大植被面积,改善滨水生物的生态环境,以恢复河流及海岸的原生状态。

生态堤防与传统堤防区别在于以下几点:

(1) 从设计理念上讲:传统堤防强调的是“兴利除害”,尤其是防洪安全这一基本功能;而生态堤防,则除重点考虑堤岸安全性之外,还需重视人与自然和谐相处和生态环境建设,即还要考虑亲水、休闲、娱乐、景观和生态等其他功能。

(2) 从河道形态讲:传统堤防规划的河道,岸线平行,岸坡硬化,断面形态规则,断面尺度沿程不变;而生态型护岸,岸线蜿蜒自如,岸坡近天然态,断面形态具有多样性、自然性和生态性。

(3) 从所用材料看:传统堤防工程主要采用抛石、砌石、混凝土块、现浇混凝土、铰链混凝土排及土工模带等硬质材料;而生态堤防,所用材料一般为天然石、木材、植物、多孔渗透性混凝土及土工材料等。

(4) 从工程效果看:传统堤防工程建成后,生态环境往往变恶化,尤其在人口高密度区,工程措施往往不能满足生态环境和景观的要求;而生态堤防可使生态环境得以改善,与常规的抛石、混凝土等硬质护岸结构相比,外观更接近自然态,因而更能满足生态和景观的要求。

根据《珠海市河湖水系低影响开发专项规划》,珠海市外江和海堤大体可分为生产性、生活性和生态性三类。生态性岸线和生活性岸线两大功能岸线,针对已加固堤防在断面结构提出两种类型:自然生态型和生态休闲型;针对正在加固或未加固堤防在断面结构上提出一种类型:生态防护型。



图 6-12 各类堤岸分布示意图（摘自《珠海市河湖水系低影响开发专项规划》）

1. 自然生态型

此类型功能比较单一，在保证安全性的前提下，尽可能地保持堤岸滩地的原有地形与植被，仅从生态的角度采取适当的生物措施，对裸露滩地进行绿化和生态化改造修复，主要是恢复绿色植被、防浪林及红树林等。

植物按照全市各区及具体堤段不同，在实施阶段进行详细设计。建议进行不同植物适当搭配，不仅突出植物多样性的特征，而且营造出适应不同动物生

息、繁衍的完整的河流-滩涂-堤防生态系统。这里按照植物单一品种及多品种搭配等情况列举了八种情况，具体如下：

(1) 纯乔木：

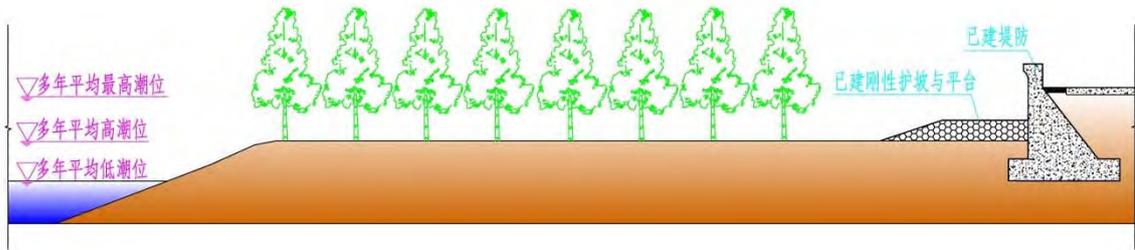


图 6-13 自然生态型 (1)

(2) 纯灌木：

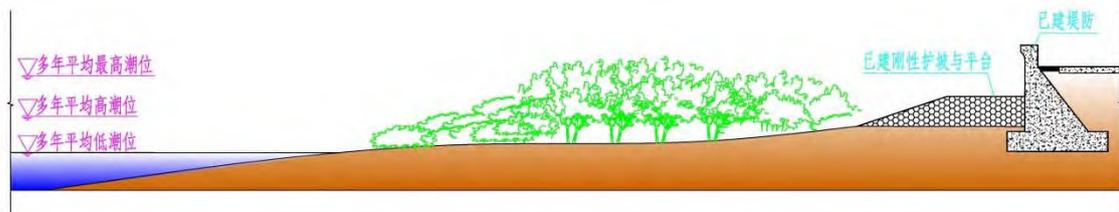


图 6-14 自然生态型 (2)

(3) 纯草本：

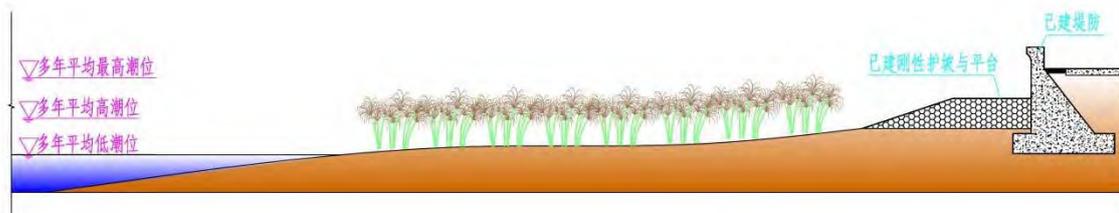


图 6-15 自然生态型 (3)

(4) 乔木+灌木：

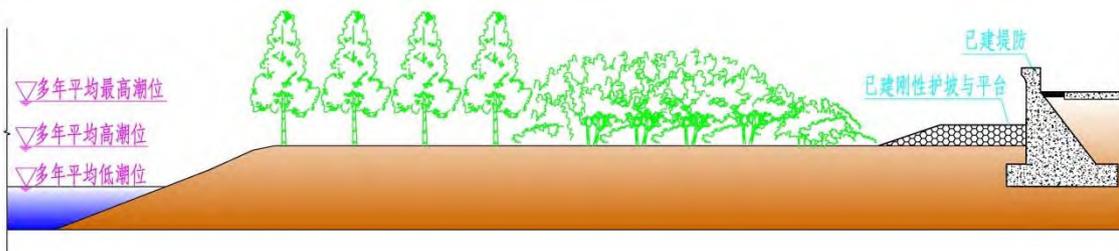


图 6-16 自然生态型 (4)

(5) 乔木+草本:

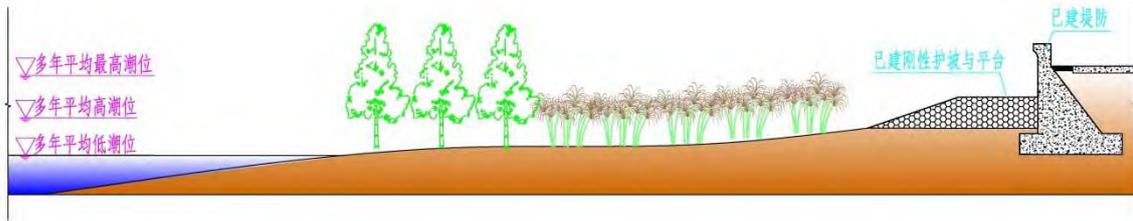


图 6-17 自然生态型 (5)

(6) 灌木+草本:

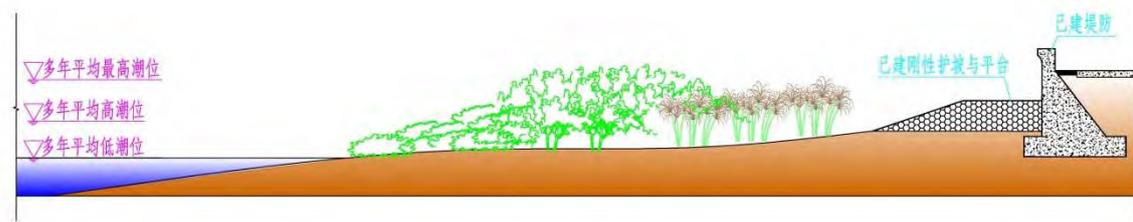


图 6-18 自然生态型 (6)

(7) 乔木+灌木+草本:

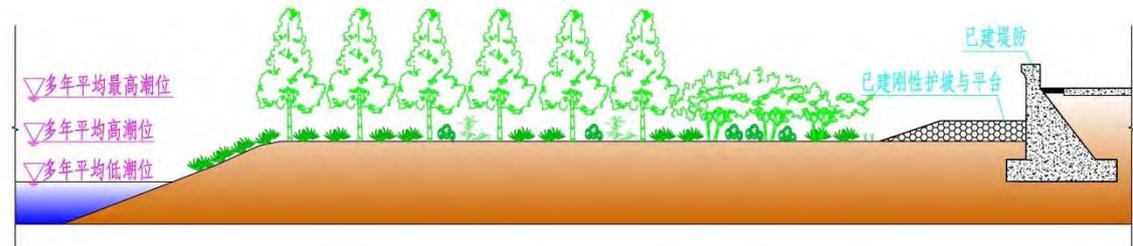


图 6-19 自然生态型 (7)

(8) 红树林 (低矮乔木+灌木):

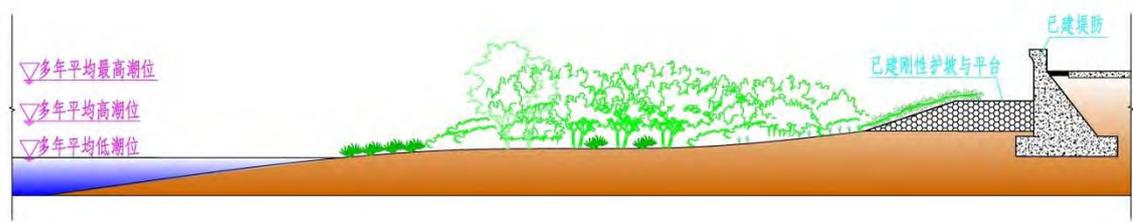


图 6-20 自然生态型 (8)

自然生态型，主要适用于人口稀少的乡村段。具体效果如图所示：



图 6-21 自然生态型效果图（莲洲堤段）

2. 生态休闲型

此类型主要考虑生态、景观和亲水休闲性。在保证安全性的前提下，不仅从生态的角度做适当的绿化和生态化改造修复，而且增加一定的工程措施，使其具备一定的休闲娱乐性，方便人们能够更近距离地接触自然，达到人水和谐。

设计上以生物措施为主，辅以工程措施增加其亲水性。生物措施按照自然生态型列举断面，因地制宜进行不同设计。工程措施如下：为满足亲水性要求，可设置休闲平台和人行步道，滩位较低的地方也可设置人行木栈道。木栈道蜿蜒曲折以增添趣味性，局部跨入水面上，带给人与水亲密接触的感官体验。沿堤防每隔一定距离，设置观景亭，利用防浪墙和观景亭，作为进入休闲平台或木栈道的通道。

另外，在一些典型区域进行独立设计，还可营造一些特色植物湿地公园，如红树林湿地公园、芦苇湿地公园等。

具体如下面 3 种图所示：

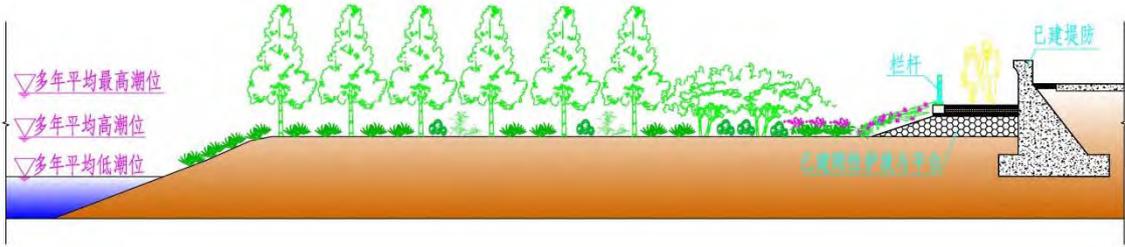


图 6-22 生态休闲型 (1)

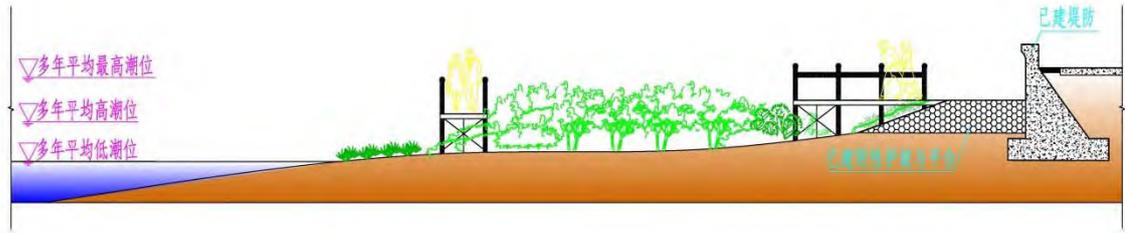


图 6-23 生态休闲型 (2)

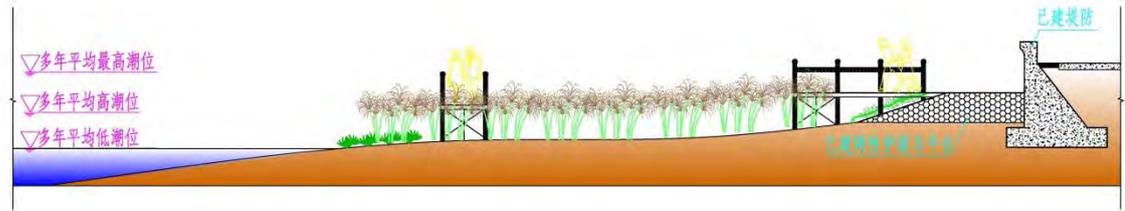


图 6-24 生态休闲型 (3)

生态休闲型总体适用于人口不是十分密集,但对堤防的亲水休闲性却有一定要求的一般城区段。对于乡村旅游区,如莲洲,也可结合当地乡村旅游文化,适当参照此类型执行以满足其观景性和亲水性。效果图如下所示:



图 6-25 生态休闲型效果图(深圳湾海堤)



图 6-26 生态休闲型效果图

3. 生态防护型

此类型主要采用工程措施和植物措施相结合的方式,针对新建堤防和部分未加固达标堤防进行设计。

堤型选择为斜坡式断面, 虽然坡面长度较大, 占地相对较多, 堤身土方填筑量较大; 但堤身结构简单, 整体稳定性较强, 相对易于施工; 另外设置休闲平台, 拉近了人与水之间的距离, 满足人们的亲水性要求。

斜坡式堤型在临水面设置多级平台, 每级平台之间采用钢筋混凝土预制栅栏板消浪护坡衔接, 栅栏内填土并种植海生植物, 美化护面。护脚外侧则种植一定宽度的防浪林植物或红树林植物。这样不仅满足堤防本身防洪(潮)的刚性和安全性要求, 又兼顾自然生态和景观休闲功能。具体如下图所示:

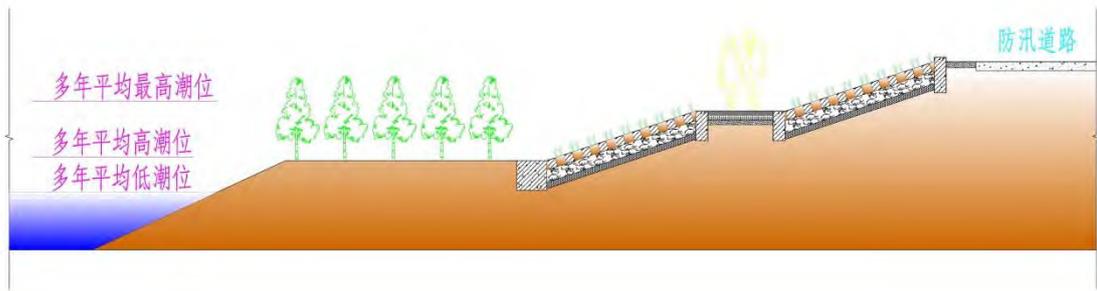


图 6-27 生态防护型

生态防护型因占地和投资较大, 仅适用于用地范围较为宽松, 当地经济较为发达, 对堤防的生态、休闲及其它功能要求较高的地区, 如横琴新区等。效果图如下所示:



图 6-28 生态防护型效果图