

佛山市海绵城市规划导则

(试 行)

前 言

建设“自然积存、自然渗透、自然净化”的海绵城市，是贯彻新型城镇化、中央城市工作会议精神的要求，是落实《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）、《城镇排水与污水处理条例》（国务院令第641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）、《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》（中发〔2016〕6号）、《国务院关于深入推进新型城镇化建设的若干意见》（国发〔2016〕8号）、《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》（粤府办〔2016〕53号）等文件精神的具体体现。2016年1月，佛山市下发《佛山市人民政府关于推进海绵城市建设的实施意见》（佛府〔2016〕5号），确定从2016年起，佛山市行政区域内的所有新建（改建、扩建）项目要全面落实海绵城市建设要求。

结合佛山市具体的气象、水文、地质资料，制定纲领性的指导文件和技术标准，为相关单位在海绵城市规划、设计等方面提供指导。基于以上目的，佛山市国土资源和城乡规划局组织编制了《佛山市海绵城市规划导则》（以下简称导则）。

本导则分为6章及附录，正文包括：1、总则；2、术语；3、海绵城市规划设计目标；4、设计计算；5、海绵城市规划指引；6、海绵城市设计指引。附录技术资料包括：1、相关规范和文件；2、海绵城市常用设施选择；3、模型技术的应用。

本导则由佛山市国土资源和城乡规划局负责管理，由佛山市城市规划勘测设计研究院、深圳市城市规划设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请及时反馈给上述单位。

目 录

1	总则.....	1
2	术语.....	2
3	海绵城市规划设计目标.....	5
3.1	目标构成.....	5
3.2	总体规划层面目标指标.....	5
3.3	控制性详细规划层面目标指标.....	7
3.4	修规与方案设计层面目标指标.....	9
3.5	指标计算方法.....	10
4	设计计算.....	12
4.1	设计参数.....	12
4.2	海绵一般设施规模计算.....	16
4.3	海绵渗透设施规模计算.....	18
5	海绵城市规划指引.....	19
5.1	一般规定.....	19
5.2	规划原则.....	20
5.3	规划技术路线.....	21
5.4	海绵城市专项规划指引.....	23
5.5	海绵城市规划建设管控.....	33
6	海绵城市设计指引.....	36
6.1	项目设计一般规定.....	36
6.2	项目设计流程.....	36
6.3	各阶段项目设计要求.....	37
6.4	建筑与小区设计指引.....	38
	附加说明.....	41
	技术资料.....	42

1 总则

1.1.1 为全面贯彻落实国家、省、市关于海绵城市建设的要求，实现佛山市海绵城市建设目标，提高佛山市海绵城市规划设计的科学性，指导海绵城市相关规划编制和建筑与小区类项目规划设计，制定本导则。

1.1.2 本导则适用于佛山市总体规划、控制性详细规划、修建性详细规划、专项规划等各层级规划编制过程中，指导海绵城市规划建设内容的落实；适用于新建、改建、扩建的建筑与小区项目规划设计阶段，指导海绵城市建设内容的落实。

1.1.3 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。应贯彻“建设自然积存、自然渗透、自然净化的海绵城市”理念，注重对河流、湖泊、湿地、坑塘和沟渠等城市原有生态系统的保护和修复，强调采用海绵城市建设的方式。

1.1.4 海绵城市规划需与城市规划、建筑、绿地、道路、水务等专业规划相互衔接、相互协调，并应达到规划确定的海绵城市建设标准。

1.1.5 在地下水位高、土壤渗透性差的部分建成区实施海绵城市建设时，海绵设施底部应增设穿孔渗透管、置换土壤，不应建设简易式的下沉式绿地。

1.1.6 特殊污染源地区（地面易累积污染物的化工厂、制药厂、金属冶炼加工厂、传染病医院、加油加气站等）新建、改建、扩建项目，除适用本导则外，还应开展环境影响评价，避免对地下水造成污染。

1.1.7 陡坡坍塌及滑坡灾害易发的危险场所、对居住环境及自然环境易造成危害的场所、其他有安全隐患的场所不适用本导则。

1.1.8 低影响开发的各类技术措施应与城镇雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统合理衔接。在实施低影响开发的同时，不得降低城镇雨水管渠系统及防洪排涝系统的设计标准。

1.1.9 建筑与小区进行海绵工程建设时，应满足各建筑物、构筑物及其它各类设施自身的功能要求；海绵设施应采取保障公众安全的防护措施，不得对建筑的安全造成负面影响；海绵设施建设除满足本导则要求外，并应符合国家和佛山市现行相关标准、规范的规定。

1.1.10 佛山市城市道路、绿地与广场、水系等分类技术指引已由相关行政主管部门组织编制，详见《佛山市海绵城市建设交通基础设施技术指引》、《佛山市海绵城市建设园林绿化技术指引》、《佛山市海绵城市建设水务技术指引》等。本导则应与上述三类技术指引相互协调。

2 术语

2.1.1 海绵城市 sponge city

通过加强城市规划建设管理，充分发挥建筑、道路和绿地、水系等生态系统对雨水的吸纳、蓄渗和缓释作用，有效控制雨水径流，实现自然积存、自然渗透、自然净化的城市发展方式。海绵城市需要依靠低影响开发雨水系统、城市雨水管渠系统以及超标雨水径流排放系统共同构建。

2.1.2 低影响开发 (LID) low impact development

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 雨水控制与利用 stormwater management and harvest

削减径流总量、峰值及降低径流污染和收集回用雨水的总称。包括雨水滞蓄、收集回用和调节等。

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

根据多年日降雨量统计数据计算，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（不直接外排）的雨水量占全年总降雨量的比例。

2.1.5 年径流污染控制率 volume capture ratio of annual urban diffuse pollution

等同于年径流污染削减率，以年 SS（悬浮物）总量去除率计算，年 SS 总量去除率=年径流总量控制率×海绵设施对 SS 的平均去除率。

2.1.6 单位面积控制容积 volume of LID facilities for catchment runoff control

以径流总量控制为目标时，单位汇水面积上所需低影响开发设施的有效调蓄容积（不包括雨水调节容积）。

2.1.7 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。

2.1.8 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。

2.1.9 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

在降雨期间储存部分雨水，以增加雨水渗透、蒸发和收集回用、雨水不再外排的措施。

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。采取此措施后，雨水需外排。

2.1.12 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。在地下水位高、土壤渗透性差的地区，透水铺装底部应加穿孔渗透管、置换土壤。

2.1.13 下沉式绿地 sunken green belt

低于周边地面或道路的绿地的统称。在地下水位高、土壤渗透性差的地区，下沉式绿地底部应加穿孔渗透管，并置换土壤，不应建简易式。

2.1.14 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。

2.1.15 雨水花园 rain garden

自然形成或人工挖掘的下沉式绿地，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。在地下水位高、土壤渗透性差的地区，雨水花园底部应加穿孔渗透管、置换土壤。

2.1.16 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，是下沉式绿地的一种。

2.1.17 湿塘 wet pond

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。

2.1.18 雨水湿地 rain 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、挺水和沉水植被、动物和水体组成的复合体。

2.1.19 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。

2.1.20 环保型雨水口 environmental gully

具有一定污物截流功能的雨水口，能减少雨水中非溶解性污染物进入管渠系统。典型构造可分为单算、多算等。

2.1.21 植被缓冲带 grass buffer

坡度较缓的植被区，经植被拦截及土壤下渗作用减缓地表径流流速，并去除径流中的部分污染物。

2.1.22 生态驳岸 ecological slope protection

指以生态保护为目的，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。

2.1.23 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。

3 海绵城市规划设计目标

3.1 目标构成

3.1.1 佛山市海绵城市规划设计目标分为水生态、水环境、水资源、水安全四个方面。

3.1.2 低影响开发设施以源头年径流总量控制为重点，中途侧重径流峰值控制，末端侧重径流污染控制、雨洪资源化利用。

3.1.3 年径流总量控制率与设计降雨量一一对应的关系按表 4—1-2 执行。

3.1.4 佛山市海绵城市规划设计目标以相应的目标指标进行表征，分为约束性指标、鼓励性指标。约束性指标为本导则适用范围内所有规划设计必须遵守的指标，鼓励性指标为参考指标。

3.1.5 佛山市海绵城市规划设计指标分为总体规划、控制性详细规划、修建性详细规划与项目设计三个层面。各层面应对上一级层面的指标进行分解落实，下一级指标的加权平均应满足上一级指标的要求。

3.1.6 海绵城市建设项目所属地块控制目标应依据海绵专项规划研究，明确各规划管理单元控制目标。当海绵专项规划未编制完成时，其目标值应按照本导则的分类指标取值。

3.2 总体规划层面目标指标

表 3-1 总体规划层面控制目标指标

类别	序号	指标	目标值		指标类型
			近期（2020）	远期（2030）	
水生态	1	年径流总量控制率	重点区域率先达到 70%	70%	●
	2	生态岸线恢复	重点区域生态岸线率先达到 80%（不含外江）	生态岸线率不低于 80%（不含外江）	●
	3	城市热岛效应	缓解	明显缓解	◎
水环境	4	地表水体水质标准	80%（地表水功能区水质达标率）	90%（地表水功能区水质达标率）	●
	5	城市面源污染控制	雨水径流污染、合流制管渠溢流污染得到有效控制	基本建成分流制排水系统	●
水资源	6	污水再生利用率	10%（含生态补水）	20%（含生态补水）	●
	7	雨水资源利用率	雨水资源替代城市自来水供水的水量达到 1.5%	雨水资源替代城市自来水供水的水量达到 3%	◎

类别	序号	指标	目标值		指标类型
			近期（2020）	远期（2030）	
	8	管网漏损控制率	12%	8%	◎
水安全	9	排涝标准	20~50年一遇24小时设计暴雨1天排完 (严格执行《佛山市城市排水防涝设施建设规划》)		●
	10	城市防洪标准	分区设防,中心城区为200年一遇 (严格执行《珠江流域防洪规划》及市级相关防洪规划)		●
	11	饮用水安全	集中式水源地水质达标率100%		●
制度建设及执行情况	12	蓝线、绿线划定与保护	编制完成《佛山市城市蓝线划定规划》、《佛山市生态控制线划定规划》两个项目,并制定相应的管理办法,并严格执行	严格执行《佛山市城市蓝线划定规划》、《佛山市生态控制线划定规划》、蓝线、生态控制线管理办法	●
	13	技术规范与标准建设	编制完成《佛山市海绵城市规划导则》、《佛山市低影响开发雨水设施标准图集》、《佛山市海绵城市建设水务技术指引》、《佛山市海绵城市建设交通基础设施技术指引》、《佛山市海绵城市建设园林绿化技术指引》、《佛山市海绵城市建设项目采取政府和社会资本合作投融资模式操作指南》,并严格执行	进一步完善海绵城市相关技术规范与标准建设,并严格执行	●
	14	规划建设管控制度	制定和推广海绵城市规划建设管控制度、投融资机制、绩效考核与奖励机制、产业促进政策等长效机制		●
	15	投融资机制建设			●
	16	绩效考核与奖励机制			●
17	产业化	◎			
显 示 度	18	连片示范效应	城市建成区20%以上的面积达到目标要求	城市建成区80%以上的面积达到目标要求	●

注：
1、城市热岛效应评估方法：查阅气象资料，可通过红外遥感监测评价。热岛强度得到缓解，海绵城市建设区域夏季（按6-9月）日平均气温不高于同期其他区域的日均气温，或与同区域历史同期（扣除自然气温变化影响）相比呈现下降趋势。
2、地表水体水质标准：根据国家“水污染防治行动计划”及省《广东省水污染防治行动实施方案》等文件提出的水质目标要求：到2020年，对于划定地表水环境功能区划的水体断面，珠三角区域消除劣V类，地级以上城市建成区黑臭水体控制在10%以内；到2030年，城市建成区黑臭水体总体得到消除。

● 约束性

◎ 鼓励性

3.3 控制性详细规划层面目标指标

表 3-2 控制性详细规划层面控制目标指标

类别	序号	指标名称	不同类型项目控制指标						下一级落实方式	
			建筑与小区		绿地与广场		道路、停车场		落实到地块	落实到项目设计
			新建	改建	新建	改建	新建	改建		
水生态	1	地块年径流总量控制率	≥70%	≥60%	严格执行《佛山市海绵城市建设园林绿化技术指引》		严格执行《佛山市海绵城市建设交通基础设施技术指引》		●	●
	2	地块生态岸线率	新建≥90%，改建≥60%						●	●
	3	规划区天然水面保持率	不得低于现状天然水面保持率						—	●
	4	地块不透水面积率	详见表 3-3						◎	—
	5	下沉式绿地率							◎	—
	6	绿色屋顶率							◎	—
	7	单位面积控制容积	≥27m ³ /1000m ² 未受控硬化面积		≥47m ³ /1000m ² 未受控硬化面积		/		◎	—
水环境	8	水环境质量	严格执行《广东省水污染防治行动实施方案》						●	●
	9	雨污分流设施	新建为分流制，改建采用分流制或截流式合流制，远期现状合流制逐步完成分流制改造						—	◎
	10	合流制截污设施和溢流污染控制设施	近期雨水径流污染、合流制管渠溢流污染得到有效控制,远期基本建成分流制排水系统						—	◎
水资源	11	污水再生利用率（替代自来水率）	严格执行《广东省绿色建筑评价标准》指标要求		严格执行《佛山市海绵城市建设园林绿化技术指引》		严格执行《佛山市海绵城市建设交通基础设施技术指引》		●	●
	12	雨水资源利用率（替代自来水率）	≥3%	≥2%					◎	—
水安全	13	城市排水管渠标准	3~50年一遇设计暴雨强度 严格执行《佛山市城市排水防涝设施建设规划》						—	●
	15	排涝标准	20~50年一遇 24 小时设计暴雨 1 天排完 (严格执行《佛山市城市排水防涝设施建设规划》)						—	●
	16	城市防洪标准	分区设防，中心城区为 200 年一遇 (严格执行《珠江流域防洪规划》及市级相关防洪规划)						—	●

注：1、新建、改建、保留单元：根据城市建设区域内控制性详细规划成果，按规划集中新建、改建项目地块面积占比不同分为以下三类，其中保留区域单元的海绵建设指标，不作要求。
 新建：新建单元是指规划新、改建地块面积占比大于等于 80% 的控规单元；
 改建：改建单元是指规划新、改建地块面积占比大于等于 50%、小于 80% 的控规单元；
 保留：保留单元是指规划新、改建地块面积占比小于 50% 的控规单元。
 2、单位面积控制容积：指以径流总量控制为目标时，单位汇水面积上所需低影响开发设施的有效渗透和滞留容积。单位面积控制容积计算时，不包括后期会缓慢排放的雨水滞流容积。可包括雨水花园、湿地、塘、池、模块等具有雨水滞蓄功能的设施的调蓄容积；
 未受控硬化面积=总面积-绿色屋顶面积-绿地面积-透水铺装地面面积-雨水花园等设施已控制面积
 3、水安全指标：城市排水管渠标准、内涝防治标准、防洪标准应执行《佛山市城市排水防涝设施建设规划》、《珠江流域防洪规划》及市级相关防洪规划，表 3-4 对相关规划进行了总结，可参考执行。

● 约束性

◎ 鼓励性

表 3-3 控制性详细规划层面控制目标指标

分类	建筑与小区					道路	绿地与广场		方式	
用地性质	建筑与小区		城中村用地	工业用地	公共服务设施用地	商业用地	市政道路、停车场	广场	绿地	落实到地块
用地代码	R1/R2/R3		R4	M1/M2/M3	A	B	S1/S2	S3/S4/G3	G	/
绿色屋顶率	公共建筑	居住小区	/	≥20%	≥50%	≥30%	严格执行《佛山市海绵城市建设交通基础设施技术指引》	严格执行《佛山市海绵城市建设园林绿化技术指引》	◎	
	≥30%	/								
下沉式绿地率	≥30%					◎				
透水铺装率	≥70%	≥50%	≥70%	≥70%	≥70%		◎			

注：1、本表为鼓励性指标；
2、表中为新建项目的指标要求，当项目为改建时，其控制指标应不低于上述要求的 65%；
3、有特殊面源污染的工业区，可不考虑地块不透水面积率指标。

● 约束性

◎ 鼓励性

表 3-4 水务（利）系统防洪、排水防涝规划目标指标

序号	类别	标准			
1	排水管道设计重现期	区位	一般地段	重要地段	特别重要地段
		禅城区、桂城、狮山的罗村、大良、容桂、乐从、伦教	5 年一遇	10 年一遇	30 年一遇
		其他地区	3~5 年一遇	5~10 年一遇	20~30 年一遇
2	排涝标准	近期（2020）		远期（2025）	
		中心城区、南顺联围（分区设防）	其他区域（分区设防）	中心城区、南顺联围（分区设防）	其他区域（分区设防）
		30 年一遇 24 小时设计暴雨 1 天排完	20 年一遇 24 小时设计暴雨 1 天排完	50 年一遇 24 小时设计暴雨 1 天排完	30 年一遇 24 小时设计暴雨 1 天排完
3	城市防洪标准	分区设防，中心城区为 200 年一遇 （严格执行《珠江流域防洪规划》及市级相关防洪规划）			

注：
1、标准：本表指标均为约束性指标，除特殊原因外，原则上只允许提高标准，不能降低标准。
2、重要地段：指行政中心、交通枢纽、学校、医院和商业聚集区等。
3、特别重要地段：指地下通道、下沉广场和隧道等。

表 3-5 水务（利）系统海绵城市建设目标指标

序号	指标名称	项目类型		指标类型
		新建	改建	
1	生态岸线率	≥90%	≥60%	●

● 约束性

◎ 鼓励性

3.4 修规与方案设计层面目标指标

表 3-6 修规与方案设计层面控制目标指标

序号	指标名称	建筑与小区控制指标						指标类型
		新建			改建(历史建筑保护改造除外)			
		住宅	公建	工业仓储	住宅	公建	工业仓储	
1	年径流总量控制率	≥70%	≥70%	≥70%	≥60%	≥60%	≥60%	●
2	集中绿地率	≥10%	≥10%	≥10%	—	—	—	●
3	绿色屋顶率	≥30%	≥30%	≥30%	—	≥30%	≥30%	◎
4	透水铺装率	≥70%	≥70%	—	—	≥70%	—	◎
5	下沉式绿地率	≥30%	≥30%	≥30%	—	—	—	◎
6	单位面积控制容积	27m ³ /1000m ² (未受控硬化面积)			—			◎
7	污水再生利用率(替代自来水率)	严格执行《广东省绿色建筑评价标准》指标要求			—			●
8	雨水资源利用率(替代自来水率)	≥3%	≥3%	≥5%	—	≥2%	—	◎

注：

- 1、本指标表适用性说明：本导则主要对建筑与小区项目规划设计阶段控制指标进行规定，道路、绿地与广场、水系等项目的指标规定详见《佛山市海绵城市建设交通基础设施技术指引》、《佛山市海绵城市建设园林绿化技术指引》、《佛山市海绵城市建设水务技术指引》等。
- 2、集中绿地率：根据《城市居住区规划设计规范》(GB50180)，集中绿地是指最小面积不宜小于 400m²，用地宽度不应小于 8m 的绿地。集中绿地占总绿地的比例为集中绿地率。
- 3、工业仓储项目指标说明：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工业园区，为避免径流污染地下水，严禁采用具有渗透功能的设施，因此下沉式绿地、透水铺装率指标不作规定。
- 4、污水再生利用率：本指标适用于有绿色建筑要求的建筑与小区项目。

● 约束性

◎ 鼓励性

3.5 指标计算方法

3.5.1 年径流总量控制率

年径流总量控制率与设计降雨量为一一对应关系,是根据本地区自然状况的径流系数推算而得(年径流总量控制率 ≈ 1 -年均雨量径流系数)。与之相对应的设计雨强,是经过统计分析当地的多年(一般不少于30年)降雨资料,将日降雨量由小到大进行排序(扣除小于等于2mm的降雨事件),统计小于某一降雨量的降雨总量(小于该降雨量的按真实雨量计算出降雨总量,大于该降雨量的按该降雨量计算出降雨总量,两者累计总和)在总降雨量中的比率,此比率(即年径流总量控制率)对应的日降雨量即为设计降雨量(mm)。

佛山市年径流总量控制率与设计降雨量关系详见4.1节。

3.5.2 年径流污染消减率

年径流污染消减率以年SS总量去除率进行计算。

年SS总量去除率=年径流总量控制率 \times 低影响开发设施对SS的平均去除率。

城市或开发区域年SS总量去除率,可通过不同区域、地块的年SS总量去除率经年径流总量(年均降雨量 \times 综合雨量径流系数 \times 汇水面积)加权平均计算得出。

3.5.3 生态岸线恢复

生态岸线率=生态岸线长/规划生态岸线总长 $\times 100\%$

3.5.4 透水铺装率

透水铺装率=透水地表面积/总硬化地面面积 $\times 100\%$;

(其中,总硬化地面面积指区内公共地面停车场、人行道、步行街、自行车道和休闲广场、室外庭院等)

市政道路透水铺装率=人行道透水铺装率=人行道透水地表面积/人行道总面积 $\times 100\%$

3.5.5 单位面积控制容积

以径流总量控制为目标时,单位汇水面积上所需低影响开发设施的有效调蓄容积(不包括雨水调节容积)。

$$V_{\text{单位}} = 10H\phi$$

式中:

V——设计调蓄容积, m^3/ha ;

H——设计降雨量，mm，参照导则 4.1 节；

ϕ ——综合雨量径流系数，可参照导则表 4-5 进行加权平均计算。

单位面积控制容积计算时，不包括后期会缓慢排放的雨水滞流设施（含转输型植草沟、渗管/渠、初期雨水弃流、植被缓冲带等）容积。可包括雨水花园、湿地、塘、池、模块等具有雨水滞蓄功能的设施的调蓄容积。

透水铺装和绿色屋顶仅参与综合雨量径流系数的计算，其结构内的空隙容积一般不计入调蓄容积。

3.5.6 未受控单位面积控制容积

未受控硬化面积=总面积-绿色屋顶面积-绿地面积-透水铺装地面面积-雨水花园等设施已控制面积。

3.5.7 绿色屋顶率

绿色屋顶率=绿色屋顶面积/建筑屋顶总面积×100%

3.5.8 下沉式绿地率

下沉式绿地率=广义的下沉式绿地面积/绿地总面积×100%

广义的下沉式绿地泛指具有一定调蓄容积（在以径流总量控制为目标进行目标分解或设计计算时，不包括调节容积）的可用于调蓄径流雨水的绿地，包括生物滞留设施、渗透塘、湿塘、雨水湿地等；

下沉深度指下沉式绿地低于周边铺砌地面或道路的平均深度，下沉深度小于 100 mm 的下沉式绿地面积不参与计算（受当地土壤渗透性能等条件制约，下沉深度有限的渗透设施除外），对于湿塘、雨水湿地等水面设施系指调蓄深度。

3.5.9 污水再生利用率

污水再生利用率=年污水再生利用总量/自来水需求总量×100%

3.5.10 雨水资源利用率

雨水资源利用率=年雨水利用总量/自来水需求总量×100%

4 设计计算

4.1 设计参数

4.1.1 降雨参数

根据南海气象站 1980~2015 年降雨资料，计算得到 24h 不同重现期的降雨量，如表 4-1-1，年径流总量控制率对应的设计降雨量参见图 4-1 及表 4-1-2。

表 4-1-1 佛山市常用典型频率降雨量

频率	历时	最大 24h 降雨量(mm)
2 年一遇		122.00
3 年一遇		137.82
5 年一遇		159.45
10 年一遇		191.60
20 年一遇		219.52
30 年一遇		234.93
50 年一遇		255.19
100 年一遇		281.47

注：表中数据来源于《2016 年佛山市气象条件及典型雨型研究》。

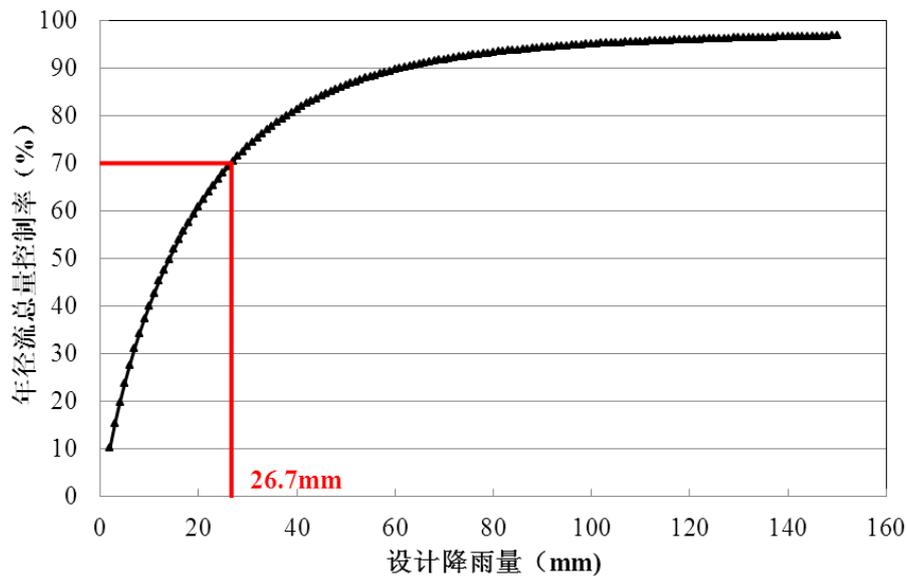


图 4-1 佛山市不同年径流总量控制率对应的设计降雨量

表 4-1-2 佛山市不同年径流总量控制率对应的设计降雨量

年径流总量控制率	40%	45%	50%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
设计降雨量 (mm)	10.0	11.9	14.1	19.4	22.8	26.7	31.6	38.0	46.9	61.5

注：图 4-1 及表 4-1-2 数据根据佛山市水文局提供的佛山市近 30 年的气象资料统计得出。

4.1.2 蒸发参数

佛山市多年平均（1986 年到 2015 年）逐月降雨量（mm/月）见下表，缺乏资料时可参照取值。

表 4-2 佛山市多年平均逐月蒸发量与降雨量（mm/月）

月份	水面蒸发量	降雨量
1	88.65	44.86
2	72.96	65.14
3	82.24	86.92
4	103.44	175.76
5	143.07	251.45
6	151.17	279.57
7	196.32	216.31
8	187.35	224.55
9	172.87	182.66
10	169.56	66.14
11	133.16	38.04
12	109.39	29.73
合计	1610.18	1661.13

注：表中蒸发量数据来源于佛山市气象局，统计时段为 1981-2010 年（单位：mm）。

表中降雨量数据来源于《2016 年佛山市气象条件及典型雨型研究》（单位：mm）。

4.1.3 土壤渗透系数

土壤渗透系数应以实测资料为准，缺乏资料时，可参照下表中数值选用。

表 4-3 土壤渗透系数

土壤层	土壤渗透系数 (m/d)
砂土	粉砂 5, 细砂 8, 中砂 15, 粗砂 20, 砾砂 30
壤质砂土	2
砂质壤土	1
壤土	0.5
粉质壤土	0.2
砂质黏壤土	0.3
粘壤土	0.05
粉质粘壤土	0.1
砂质粘土	0.15
粉质粘土	0.005
粘土	0.001

4.1.4 设计暴雨强度

佛山市设计暴雨强度应按照 2016 年编制的最新暴雨强度公式计算。

(1) 禅城区、南海区暴雨强度公式

表 4-4-1 禅城区、南海区单一重现期暴雨强度公式

重现期 P (年)	公 式
P=2	$5647.272 / (t + 14.271)^{0.829}$
P=3	$6399.941 / (t + 14.566)^{0.832}$
P=5	$7288.214 / (t + 14.878)^{0.835}$
P=10	$8221.41 / (t + 14.460)^{0.835}$
P=20	$8802.904 / (t + 13.637)^{0.832}$
P=30	$9141.914 / (t + 13.351)^{0.831}$
P=40	$9382.06 / (t + 13.174)^{0.830}$
P=50	$9568.265 / (t + 13.045)^{0.829}$
P=60	$9720.235 / (t + 12.944)^{0.829}$
P=70	$9848.825 / (t + 12.860)^{0.829}$
P=80	$9960.047 / (t + 12.789)^{0.828}$
P=90	$10058.243 / (t + 12.727)^{0.828}$
P=100	$10146.085 / (t + 12.673)^{0.828}$

(2) 顺德区暴雨强度公式

表 4-4-2 顺德单一重现期暴雨强度公式

重现期 P (年)	公 式
P=2	$4819.62 / (t + 13.621)^{0.803}$
P=3	$4526.535 / (t + 12.553)^{0.766}$
P=5	$4185.02 / (t + 11.276)^{0.724}$
P=10	$3368.724 / (t + 8.630)^{0.654}$
P=20	$2986.294 / (t + 6.718)^{0.612}$
P=30	$2816.455 / (t + 5.834)^{0.590}$
P=40	$2706.068 / (t + 5.253)^{0.575}$
P=50	$2623.904 / (t + 4.819)^{0.563}$
P=60	$2558.607 / (t + 4.473)^{0.554}$
P=70	$2504.332 / (t + 4.185)^{0.546}$
P=80	$2457.906 / (t + 3.938)^{0.539}$
P=90	$2417.492 / (t + 3.722)^{0.534}$
P=100	$2381.42 / (t + 3.530)^{0.528}$

(3) 三水区、高明区暴雨强度公式

表 4-4-3 三水区、高明区单一重现期暴雨强度公式

重现期 P (年)	公 式
P=2	$2463.584 / (t + 7.363)^{0.672}$
P=3	$2820.296 / (t + 7.960)^{0.674}$
P=5	$3261.51 / (t + 8.589)^{0.677}$
P=10	$3871.227 / (t + 9.354)^{0.684}$
P=20	$4555.092 / (t + 9.826)^{0.696}$
P=30	$4913.641 / (t + 9.990)^{0.701}$
P=40	$5158.463 / (t + 10.091)^{0.703}$
P=50	$5344.501 / (t + 10.165)^{0.705}$
P=60	$5494.634 / (t + 10.224)^{0.707}$
P=70	$5620.385 / (t + 10.271)^{0.708}$
P=80	$5728.768 / (t + 10.312)^{0.709}$
P=90	$5823.791 / (t + 10.348)^{0.710}$
P=100	$5908.627 / (t + 10.379)^{0.711}$

式中:

q: 设计暴雨强度 (L/(s. ha))

P: 设计暴雨重现期 (年)

t: 降雨历时时间 (min)

4.1.5 雨水管渠的设计降雨历时, 应按下式计算:

$$t = t_1 + t_2$$

式中:

t—降雨历时 (min);

t₁—汇水时间 (min), 视距离长短、地形坡度和地面铺装情况而定 (屋面一般取 5min; 道路路面取 5 ~15min);

t₂—管渠内雨水流行时间 (min);

在规划或方案设计时, 建筑小区设计降雨历时按计算确定。

4.1.6 不同种类下垫面的径流系数应依据实测数据确定, 缺乏资料时可参照下表取值, 综合径流系数应按下垫面种类加权平均计算:

$$\psi_z = \frac{\sum F_i \psi_i}{F}$$

式中:

ψ_z —综合径流系数;

F—汇水面积 (m²);

F_i—汇水面上各类下垫面面积 (m²);

ψ_i—各类下垫面的径流系数。

表 4-5 各下垫面径流系数

汇水面种类	雨量径流系数 φ	流量径流系数 ψ
绿化屋面 (绿色屋顶, 基质层厚度≥300 mm)	0.30-0.40	0.40
硬屋面、未铺石子的平屋面、沥青屋面	0.80-0.90	0.85-0.95
铺石子的平屋面	0.60-0.70	0.80
混凝土或沥青路面及广场	0.80-0.90	0.85-0.95
大块石等铺砌路面及广场	0.50-0.60	0.55-0.65
沥青表面处理的碎石路面及广场	0.45-0.55	0.55-0.65
级配碎石路面及广场	0.40	0.40-0.50
干砌砖石或碎石路面及广场	0.40	0.35-0.40
非铺砌的土路面	0.30	0.25-0.35
绿地	0.15	0.10-0.20
水面	1.00	1.00
地下建筑覆土绿地 (覆土厚度≥500 mm)	0.15	0.25
地下建筑覆土绿地 (覆土厚度<500 mm)	0.30-0.40	0.40
透水铺装地面	0.08-0.45	0.08-0.45
下沉广场 (50 年及以上一遇)	—	0.85-1.00

注: 数据来自《海绵城市建设技术指南》。

4.2 海绵一般设施规模计算

4.2.1 容积法

低影响开发设施以径流总量和径流污染为控制目标进行设计时, 设计调蓄容积一般采用容积法进行计算, 如下式所示

$$V = 10\phi hF$$

式中, V——设计调蓄容积, m³;

φ——综合雨量径流系数, 可按表 4-5 进行加权平均计算;

h——设计降雨量, mm;

F——汇水面积, ha。

4.2.2 流量法

植草沟等转输设施,其设计目标通常为排除一定设计重现期下的雨水流量,可通过推理公式来计算一定重现期下的雨水流量,如下式所示。

$$Q = \psi q F$$

式中, Q ——雨水设计流量, L/s;

ψ ——综合流量径流系数,可按表 4-5 进行加权平均计算;

q ——设计暴雨强度, L/(s.ha);

F ——汇水面积, ha。

4.2.3 水量平衡法

应根据雨水控制与利用目标确定,并满足以下要求:

- 1、滞蓄、渗透设施的水量平衡应包括雨水来水量、滞蓄量、排放量;
- 2、雨水收集回用时,水量平衡分析应包括雨水来水量、初期雨水弃流量、回用水量、补充水量和排放量;
- 3、利用景观水体对雨水进行调蓄利用时,水量平衡分析应包括雨水来水量、初期雨水弃流量、回用水量、渗漏量、蒸发量、补充水量和排放量。

4.2.4 雨水回用于景观水体的日补水量应包括水面蒸发量、水体渗漏量以及雨水处理设施自用水量:

- 1、日平均水面蒸发量应依据实测数据确定。
- 2、水体日渗漏量可根据以下公式进行计算:

$$Q_s = \frac{S_m A_s}{1000}$$

式中, Q_s ——水体的日渗透漏失量, m^3/d ;

S_m ——单位面积日渗透量, $L/m^2 d$,一般不大于 $1L/m^2 d$;

A_s ——有效渗透面积,指水体常水位水面面积及常水位以下侧面渗水面积之和, m^2 。

- 3、雨水处理系统采用物化及生化处理设施时自用水量为总处理水量的 5%~10%;当采用自然净化方法处理时不计算自用水量。

4.2.5 雨水收集回用系统规模应进行水量平衡分析。

4.3 海绵渗透设施规模计算

4.3.1 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，可通过参与综合雨量径流系数计算的方式确定其规模。

4.3.2 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。

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 4.2.1 容积法计算；

W_p ——渗透量， m^3 。

2、渗透设施渗透量按下式进行计算

$$W_p = KJA_s t_s$$

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 $2h$ 。

3、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。

5 海绵城市规划指引

5.1 一般规定

5.1.1 全市、各区分层级编制海绵城市专项规划，落实海绵城市相关内容。市域层面海绵专项规划由市政府指定的部门负责组织编制；分区及各控规单元海绵专项规划由区政府负责组织编制。

5.1.2 海绵城市专项规划分为总体规划、控制线详细规划、修建性详细规划三个层面，是海绵城市建设规划管理的重要依据，是城市规划的重要组成部分。

5.1.3 在城市总体规划层面上，可在城市总体规划编制之前或同期开展海绵城市建设专题规划研究，以便将涉及土地利用布局、竖向规划等重要内容和有关要求纳入城市总体规划。城市总体规划已经编制完成，确需补充海绵城市规划建设要求的，可开展专项规划研究，供相关规划编制时参考，并在总体规划修编时，应将雨水年径流总量控制率等指标纳入城市总体规划，将海绵城市专项规划中提出的自然生态空间格局作为城市总体规划空间开发管制要素之一。

5.1.4 在控制性详细规划层面上，依据城市总体规划中有关要求，增加与海绵城市规划建设有关的内容，并根据实际情况，细化在控规管理单元中落实海绵城市相关规划指标、要求、大型市政设施布局等规划内容，明确约束性指标和鼓励性指标，并指导下层次的规划或设计。在控制性详细规划已经编制完成，确需补充海绵城市规划建设要求的，可开展专项规划，供相关控规修编时参考。

5.1.5 在修建性详细规划层面上，依据控制性详细规划的要求，增加与海绵城市建设有关的内容，细化落实上位规划确定的海绵城市建设的相关控制指标，落实相应开发设施选择、合理布局并计算总体设施规模及落实相关技术要求，将海绵城市建设技术和方法体现在场地规划设计、工程规划设计、经济技术论证等方面，指导地块开发建设。

5.1.6 海绵城市专项规划确定的海绵城市内容，应分层级、分步骤地纳入到城市总体规划、控制性详细规划、修建性详细规划等法定规划中，其他专项规划应与其进行协调。

5.1.7 编制或修编城市道路、绿地、水系、排水防涝等专项规划，应与海绵城市专项规划充分协调。

5.1.8 编制海绵城市专项规划，应坚持保护优先、生态为本、自然循环、因地制宜、统筹推进的原则，最大限度地减小城市开发建设对自然和生态环境的影响。

5.1.9 编制海绵城市专项规划，应根据城市降雨、土壤、地形地貌等因素和经济社会发展条件，综合考虑水资源、水环境、水生态、水安全等方面的现状问题和建设需求，坚持问题导向与目标导向相结合，因地制宜地采取“渗、滞、蓄、净、用、排”等措施。

5.1.10 海绵城市专项规划的规划范围原则上应与城市规划区一致，同时兼顾雨水汇水区和山、水、林、田、湖等自然生态要素的完整性。

5.1.11 加强对城市坑塘、河湖、湿地等水体自然形态的保护和恢复，未经批准禁止填湖造地、截弯取直、大规模河道硬化等破坏水生态环境的建设行为。恢复和保持河湖水系的自然连通，构建城市良性水循环系统，逐步改善水环境质量。

5.1.12 加强河道系统整治，因势利导改造渠化河道，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。

5.2 规划原则

5.2.1 系统控制——海绵城市规划应结合水生态、水环境、水资源、水安全四方面提出系统控制目标，统筹低影响开发雨水系统、城市雨水管渠系统及超标雨水径流排放系统，衔接生态保护、河流水系、绿地、道路、污水系统等基础设施系统。

5.2.2 统筹协调——海绵城市规划应纳入水系规划、绿地系统规划、排水防涝规划、道路交通规划等相关专项规划中，各规划中的海绵城市内容应互相协调与衔接。

5.2.3 保护性开发——海绵城市规划应顺应自然地貌，结合蓝线和绿线的划定和管理，严格保护河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等水生态敏感区，结合区域周边条件进行低影响开发雨水系统设计，倡导自然积存、自然渗透、自然净化的规划策略。

5.2.4 科技支撑——海绵城市规划应对重大问题、关键指标、以及重要技术环节进行多方实证数据支持和校验，强调水文、降雨、地质等基础资料积累，鼓励运用模型模拟等先进的规划辅助技术。

5.3 规划技术路线

5.3.1 三个层面的海绵城市专项规划内容互相支持、逐层分解，共同构建整体的海绵城市规划技术框架。详见图 5-1 海绵城市专项规划（总规、控规、修规各层面）技术路线图。

5.3.2 海绵城市专项规划的总体规划主要包括全市总体规划、分区总体规划、新城（镇、园区）总体规划三个类别，规划编制中应协调绿地、水系、道路、土地利用的空间布局等相关内容，因地制宜的确定海绵城市建设目标与指标；从“源头、中途、末端”多个层面，细化落实低影响雨水系统、城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统的实施策略、建设标准、总体竖向控制及重大雨水基础设施的总体布局等相关内容。

5.3.3 海绵城市专项规划的控制性详细规划层面，应细化分解和落实总体规划中提出的海绵城市控制指标。结合具体地块的用地性质和土壤类型等要素，提出各地块的海绵城市建设控制指标，明确海绵设施的设置要求，纳入地块开发规划设计条件。

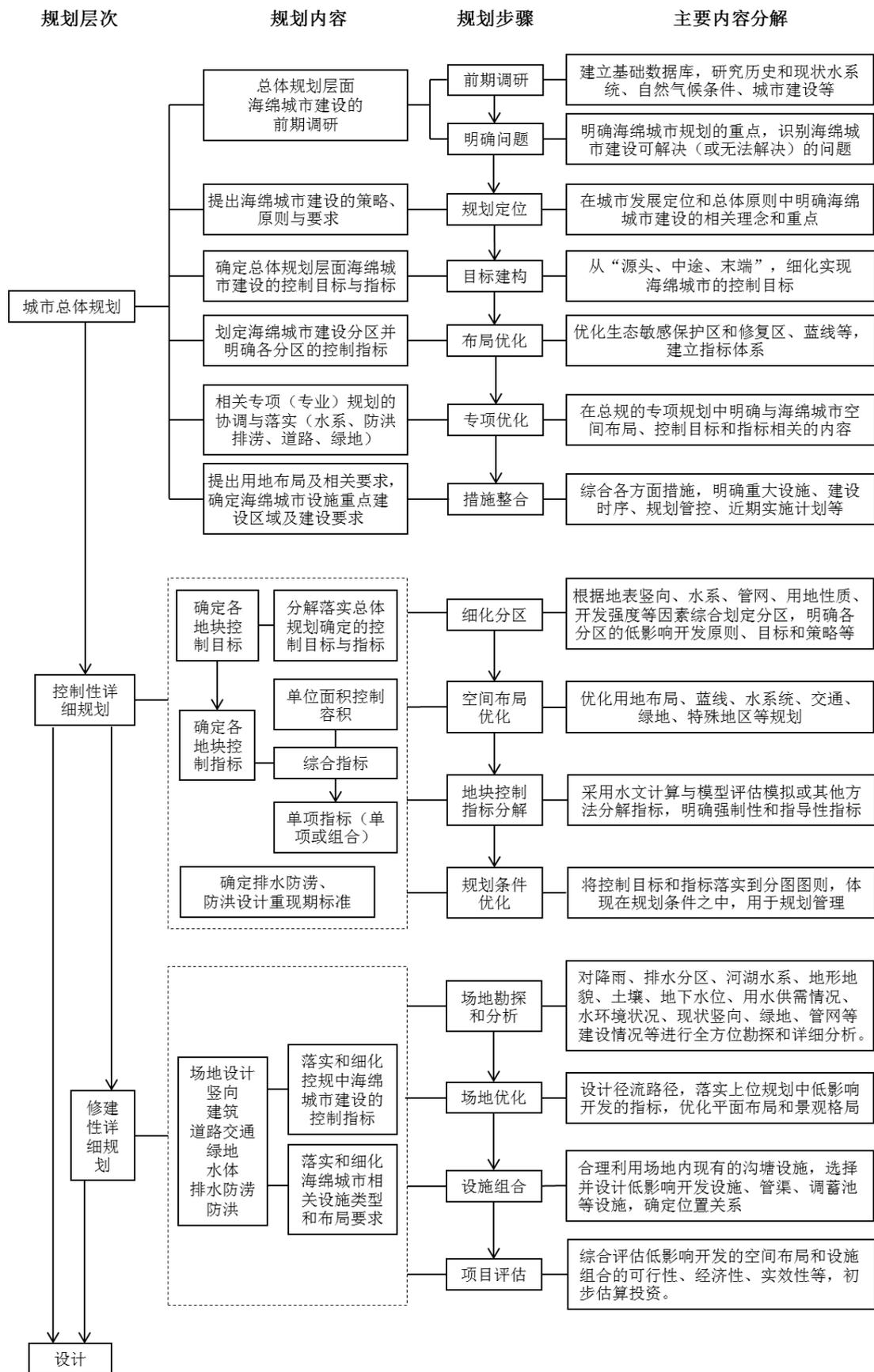


图 5-1 海绵城市专项规划（总规、控规、修规各层面）技术路线图

注：引自住建部《海绵城市建设实用手册》

5.4 海绵城市专项规划指引

5.4.1 总体规划层面成果应包括规划文本、规划图纸和说明书。具体内容要求如下：

1、全市总体规划类别，应包括以下内容：

- (1) 综合评价全市海绵城市建设条件。分析城市区位、自然地理、经济社会现状和降雨、土壤、地下水、下垫面、排水系统、城市开发前的水文状况等基本特征，识别城市水资源、水环境、水生态、水安全等方面存在的问题。
- (2) 确定全市的海绵城市规划目标与指标（总规层面指标要求详见 3.2 节）。确定海绵城市建设目标（核心目标为年径流总量控制率），明确近、远期要达到海绵城市要求的面积和比例，提出海绵城市建设的指标体系。
- (3) 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建设的实施路径。
- (4) 提出海绵城市建设分区指引。识别山、水、林、田、湖等生态本底条件，提出海绵城市的自然生态空间格局，明确保护与修复要求。
- (5) 落实海绵城市建设管控要求。根据雨水径流量和径流污染控制的要求，将雨水年径流总量控制率目标分解到海绵城市建设分区。
- (6) 提出规划措施和相关专项规划衔接的建议。
- (7) 明确近期建设重点。明确近期海绵城市建设重点区域，提出分期建设要求。
- (8) 提出规划保障措施和实施建议。

2、图纸一般包括：

- (1) 现状图（包括高程、坡度、下垫面、地质、土壤、地下水、绿地、水系、排水系统等要素）。
- (2) 海绵城市自然生态空间格局图。
- (3) 海绵城市建设分区图。
- (4) 海绵城市建设管控图（雨水年径流总量控制率等管控指标的分解）。
- (5) 海绵城市相关涉水基础设施布局图（城市排水防涝、合流制污水溢流污染控制、雨水调蓄等设施）。
- (6) 海绵城市分期建设规划图。

3、分区总体规划类别，应包括以下内容：

- (1) 综合评价本分区海绵城市建设条件。分析区位、自然地理、经济社会现状和降雨、土壤、地下水、下垫面、排水系统、城市开发前的水文状况等基本特征，识别城市水资源、水环境、水生态、水安全等方面存在的问题。
- (2) 落实、确定全市总体规划提出的本分区海绵城市规划目标与指标。
- (3) 结合全市总体规划，确定本分区海绵城市建设的总体思路及实施路径。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。
- (4) 结合全市总体规划，针对本分区的现状问题、用地布局、排水分区等，细化海绵城市建设分区，提出建设指引。
- (5) 结合全市总体规划，落实海绵城市建设管控要求。根据雨水径流量和径流污染控制的要求，将雨水年径流总量控制率目标分解到海绵城市建设分区。
- (6) 提出规划措施和区域内相关专项规划衔接的建议。针对内涝积水、水体黑臭、河湖水系生态功能受损等问题，按照源头减排、过程控制、系统治理的原则，对老城区、城市新区、各类园区、成片开发区分别提出水污染防治、雨水量削减、面源污染控制等措施。并提出与城市道路、排水防涝、绿地、水系统等相关规划相衔接的建议。
- (7) 明确近期建设重点。明确区域内近期海绵城市建设重点区域，提出分期建设要求。
- (8) 提出规划保障措施和实施建议。规划管理方面，应对接市海绵城市管理机制，并结合区域的规划管理和审批流程、一书两证的发放，提出落实海绵城市建设的要求。部门协调方面，应明确海绵城市建设相关部门的职责分工和工作安排，落实各项建设任务。政策性导向方面，应提出财政投入保障机制，完善投融资机制，鼓励民营资本以 PPP 模式等方式参与海绵城市建设和养护管理。

4、图纸一般包括：

- (1) 现状图（包括高程、坡度、下垫面、地质、土壤、地下水、绿地、水系、排水系统等要素）。
- (2) 海绵城市自然生态空间格局图。

- (3) 海绵城市建设分区图。
- (4) 海绵城市建设管控图（雨水年径流总量控制率等管控指标的分解）。
- (5) 海绵城市相关涉水基础设施布局图（城市排水防涝、合流制污水溢流污染控制、雨水调蓄等设施）。
- (6) 海绵城市分期建设规划图。

5、新城（镇、园区）总体规划类别，应包括以下内容：

- (1) 综合评价新城（镇、园区）海绵城市建设条件，识别水资源、水环境、水生态、水安全等方面存在的问题。
- (2) 落实、确定上层次规划提出的片区海绵城市规划目标与指标。
- (3) 结合上层次规划，确定片区海绵城市建设的总体思路及实施路径。新城（镇、园区）应优先保护自然生态本底，合理控制开发强度。
- (4) 结合上层次规划、及用地布局提出的规划单元划分，对海绵城市建设分区进一步细化。
- (5) 结合上层次规划，落实海绵城市建设管控要求。将雨水年径流总量控制率目标分解到细化的海绵城市建设分区。
- (6) 提出规划措施和相关专项规划衔接的建议。
- (7) 明确近期建设重点。明确片区近期海绵城市建设重点项目库。
- (8) 结合新城（镇、园区）部门分工及管理职责，进一步落实片区规划保障措施和实施建议，提出海绵城市建设的政策性导向和工程性手段。在区域总体规划的基础上，应对海绵城市建设专家咨询和论证制度提出建议，并加强海绵城市新方法、新技术、新工艺、新材料的研究，指引片区下一层面的海绵城市项目设计。

6、图纸一般包括：

- (1) 现状图（包括高程、坡度、下垫面、地质、土壤、地下水、绿地、水系、排水系统等要素）。
- (2) 海绵城市自然生态空间格局图。
- (3) 海绵城市建设分区图。
- (4) 海绵城市建设管控图（雨水年径流总量控制率等管控指标的分解）。

(5) 海绵城市相关涉水基础设施布局图（城市排水防涝、合流制污水溢流污染控制、雨水调蓄等设施）。

(6) 海绵城市分期建设规划图。

5.4.2 控制性详细规划层面，应包括以下内容：

1. 现状分析。分析规划区区位、气候条件（降雨）、地形地貌、水文及水资源条件、社会经济发展情况，明确规划区的水环境、水资源、水安全、水生态的历史与现状，提出规划区海绵城市建设需重点解决的问题。
2. 规划目标。结合上层次的规划，确定规划区的海绵城市规划目标与指标控制性详细规划层面的海绵城市规划指标应与总体规划中的保持一致，主要涉及水生态、水环境、水资源、水安全等方面的指标（控规层面的指标要求详见3.3节）。
3. 实施路径。结合上层次规划，依据海绵城市建设目标，针对现状问题，因地制宜确定规划区海绵城市建设的总体思路及实施路径。
4. 海绵分区。在总体规划层面海绵分区的基础上，将规划区细分为海绵控制单元，每个单元承接并细分海绵分区确定的控制指标和要求，明确每个单元的海绵城市建设适用的技术类型。海绵分区的划定因素和建设目标要求见下表，各规划区可参考具体情况因地制宜的进行分区：

表 5-1 控制性详细规划层面海绵分区指引

规划区类型	用地特征	建设目标
重要地区	绿地、滨水区、低洼地、新建集中地区	达到或优于上层次规划建设目标
特殊地区	地质灾害易发区、特殊污染源地区等	根据实际情况制定规划建设目标
一般地区	城市其他地区	达到上层次规划建设目标

5. 海绵城市建设管控。在上层次规划的基础上，结合本地降雨、土壤特性，采用水文计算与模型评估模拟，将核心指标——雨水年径流总量控制率分解到每一个地块，并作为约束性指标纳入规划许可条件。鼓励性指标可供下阶段规划设计参考，因地制宜配套建设雨水渗、滞、蓄、用等收集利用设施。

6. 提出具体规划措施。针对规划区内涝积水、水体黑臭、河湖水系生态功能受损等具体问题，制定积水点治理、截污纳管、合流制污水溢流污染控制和河湖水系生态修复等措施。
7. 明确近期建设重点项目库。明确近期海绵城市建设重点区域，提出分期建设要求，建议近期海绵城市建设重点项目库，并对近期项目进行投资估算、效益分析和资金引入建议。
8. 提出规划保障措施和实施建议。
9. 图纸一般包括：
 - (1) 现状图（包括高程、坡度、下垫面、地质、土壤、地下水、绿地、水系、排水系统等要素）。
 - (2) 海绵城市自然生态空间格局图。
 - (3) 海绵城市建设分区图。
 - (4) 海绵城市建设管控图（雨水年径流总量控制率等管控指标的分解）。
 - (5) 海绵城市相关涉水基础设施布局图（城市排水防涝、合流制污水溢流污染控制、雨水调蓄等设施）。
 - (6) 海绵城市分期建设规划图。

5.4.3 修建性详细规划层面，应包括以下内容：

1、一般要求

修建性详细规划应以控制性详细规划为指导，增加与海绵城市建设有关的内容，落实与分解控制性详细规划确定的海绵城市控制指标，落实具体的设施及相关技术要求，将海绵城市的建设技术和方法吸纳到场地规划设计、工程规划设计、经济技术论证等方面，指导地块开发建设。

政府组织编制的重点地区修建性详细规划以及建设单位编制的一般地区的修建性详细规划中，均应落实上层次规划确定的有关海绵城市建设规划内容要求和控制指标。

2、编制技术指引

(1) 现状分析

- 1) 对规划项目所在地区的自然气候条件进行调研分析，包括历年降雨、地形地貌、绿化植被、河湖水系及湿地等自然水体情况等内容。
- 2) 对规划范围内的水文地质条件进行深入调研分析，包括地下水位高度、水质

情况、地质剖面、土壤类型及其渗透性能、内涝灾害情况等内容，重点项目还应提前掌握规划地段地质勘探情况。

- 3) 了解上层次规划情况及其要求，包括城市海绵分区要求、控制性详细规划指标要求、城市排水分区情况、现有市政管网布局等内容。

(2) 竖向设计

- 1) 场地的竖向应尊重原有的地形地貌地质，不宜改变原有的排水方向。
- 2) 对包含建筑、道路、绿地等的场地进行竖向设计时，应兼顾雨水的重力流原则并尽量利用原有的竖向高差条件组织雨水收集，将雨水径流自高处的建筑屋顶经逐级降低的绿地系统汇入低处可消纳径流雨水的低影响开发设施。
- 3) 在竖向规划设计中，对最终确定竖向的低洼区域应着重明确最低点标高、降雨蓄水范围、蓄水深度及超标雨水排水出路。

(3) 平面布局与设计

- 1) 在考虑地形地貌地质、景观、现状建设情况等因素的基础上，设计屋顶、道路、绿地、水系等的径流路径，落实地块年径流总量控制率、绿色屋顶率、不透水面积比例、下沉式绿地率、单位硬化面积雨水控制容积等控制指标，合理布局室内外空间，开展环境设计。
- 2) 平面布局设计中应尽可能保留天然水面、坑塘、湿地等自然空间，规划人工景观水体时优先选择现状高程低洼区。各个水体应成系统布置，并应与城市河湖水系相联系，形成互为补充的整体。
- 3) 在平面布置具体的低影响开发设施及常规雨水管渠系统，通过模拟分析校核控制性详细规划提出的年径流总量控制率目标。
- 4) 平面布局中应明确工程型低影响开发设施的位置、占地和规模等内容。
- 5) 尽可能保留天然水面，控制坑塘、湿地等自然空间。
- 6) 校核控制性详细规划提出的年径流总量控制率目标。
- 7) 为拟布局的工程型低影响开发设施预留空间。
- 8) 尽可能用透水场地切割不透水场地，优化硬化地面与绿地空间布局。
- 9) 限制地下空间的过度开发，为雨水回补地下水提供渗透路径；开发地下空间的，地下室顶板上覆土深度宜大于 1 米，并应布置蓄排水层，强化调蓄、缓释功能。
- 10) 居住区、商业区、工业区等非单一地块的修建性详细规划，应整体统一考虑

平面布局，海绵城市控制目标和指标可在多个地块之间给予平衡与落实。

(4) 主要控制指标复核

- 1) 明确主要经济技术指标，除原有用地面积、建筑面积、容积率、建筑密度（平均层数）、绿地率、建筑高度、住宅建筑总面积、停车位数量、居住人口等指标外，还应落实分解地块年径流总量控制率、地块不透水面积比例、地块生态岸线要求、地块水环境质量、地块污水再生利用率、排水管渠标准和设施、内涝防治标准和设施、防洪标准和设施等海绵城市约束性指标，因地制宜落实下沉式绿地率、绿色屋顶率、单位硬化面积雨水控制容积、地块初期雨水控制容积、地块雨水收集回用率、老旧公共供水管网改造完成率等鼓励性指标。
- 2) 在初步方案确定后，应运用模型分析和评价的手段，进一步复核和优化上述控制指标。

3、给排水设计

- (1) 应合理设计饮用水管网、非饮用水管网，充分利用雨水、再生水（中水）资源作为绿化浇洒、洗车、水景等非饮用和非接触的低品质用水。
- (2) 给水规划中，应落实雨水资源回用率所需的雨水桶、回用池等回用设施，并与地下给水管网对接，确定设施位置，容量及其主要用途。
- (3) 应按雨污分流设计污水、雨水管网，并宜将阳台雨落管接入污水管网。
- (4) 建筑屋面雨水管应与室外雨水管道断接，并利用高位花坛、雨水花园等雨水收集回用设施实现雨水的散排、滞留、错峰和收集回用。
- (5) 在条件允许的情况下，宜结合场地竖向和道路断面，布局植被草沟、渗排水沟等地表自然排水设施。
- (6) 在排水规划中，应贯彻源头控制的理念，将地上的屋顶绿化、植被浅沟与雨水花园等低影响开发雨水系统与地下雨水管网统一布置，有机衔接为一个整体。

4、绿地设计

- (1) 绿色景观设计时融入低影响开发理念，兼顾景观效果的同时合理布置下沉式绿地、雨水花园、植被浅沟、雨水塘等低影响开发设施。
- (2) 绿地设计时依据不同的绿地类型、规模采用常规绿色与下沉式绿地结合布置方式，通过下沉式绿地适度消纳周边不透水场地的雨水径流；乔灌木结合

的绿地可适当设置成雨水花园形式以调高渗透能力；低洼区、原有坑塘宜因地制宜改造为雨水塘等低影响设施作为场地的调蓄空间。

- (3) 综合考虑地域特点、植物特性、环境景观等方面的因素，选择合适的本土植物配置，优化场地的绿地系统。
- (4) 在绿地中布置低影响开发设施时，应控制绿地表面的积水时间，避免产生蚊蝇滋生等环境问题。

5、道路交通设计

- (1) 落实上位规划有关海绵城市建设对道路交通的要求，优化道路横断面设计，将道路绿化隔离带及防护绿带设置为下沉式绿地，适当设置低影响开发设施以削减道路径流量。
- (2) 有条件的地区，机动车道、非机动车道可采用透水沥青路面或透水水泥混凝土路面；人行道尽量设置透水铺装，透水铺装路面设计应满足路基路面强度和稳定等国家标准规范要求；地面停车场宜采用透水铺装。
- (3) 路面排水宜采用生态排水的方式取代传统排水方式，雨水先进入绿化带渗透净化，超标雨水径流通过溢流设施进入排水系统。
- (4) 结合生态排水方式优化道路排水方向，调整原有道路横坡和纵坡方向设计，确定道路控制点坐标、高程。

6、低影响开发设施设计要求

- (1) 保护优先，合理利用场地内原有的湿地、坑塘、沟渠等消纳径流雨水。
- (2) 可结合绿地、水体增设雨水滞留塘、雨水湿地、渗井、雨水收集池（模块）等工程型设施；其类型、规模宜通过水文、水力计算或模型优化确定，做到因地制宜、经济有效、方便易行。
- (3) 结合水体进行调蓄时，应将雨水处理与景观相结合，并根据降雨规律、水面蒸发量、雨水回用量等综合确定景观水体的规模。
- (4) 编制单一小地块或城市更新地区的修建性详细规划时，因受空间限制等原因不能满足控制目标的，可与区域低影响开发设施布局相协调，通过城市雨水管渠系统，引入区域性的低影响开发设施进行控制。
- (5) 低影响开发设施的设置在满足基本功能的基础上，应注重设施的景观设计，加强设施的维护和管理，并采取适当措施增强设施的安全性和教育性。
- (6) 统计低影响开发设施的工程量，并估算造价和效益。

- (7) 明确需要落实到绿地、公共空间等区域的非独立占地的低影响开发设施要求和要点，并衔接相关专业，进一步指导下层次工程设计。

7、成果表达

修建性详细规划的成果一般包括规划说明书、图纸。涉及到海绵城市的相关内容应分别纳入规划说明书的相应章节以及各专业图纸中。

- (1) 在说明书中，应在原修建性详细规划要求内容的基础上，分别在现状分析、规划设计方案、场地竖向、道路交通、绿地、给排水等章节增加海绵城市的相关内容；同时增加地块海绵城市规划指标复核、低影响开发设施设计的相关章节，详细说明径流控制目标，实现径流控制目标的低影响开发设施的类型、规模以及布局等内容，并应采用模型模拟软件建立规划系统模型进行模拟分析以验证目标的落实。
- (2) 在图纸中，除符合修建性详细规划法定内容外，应在现状图、规划总平面图、道路交通规划图、用地竖向规划图、单项或综合工程管线规划图等图纸中落实海绵城市的相关内容，增加海绵城市相关设施的图示表达。根据需要增加场地汇水路径图、低影响开发设施规划布局图等图纸。

5.4.4 与城市总体规划的协调

1. 成果形式——城市总体规划成果一般包括规划文本、规划图纸和说明书。
2. 内容要求——应将海绵城市专项规划的相关内容纳入城市总体规划相应文字说明和图纸中，具体应包括以下内容：
 - (1) 文本、说明书中，应分别在现状分析、规划目标与控制指标、用地功能布局、蓝线、绿地系统、道路交通、给水、排水、防洪排涝、近期建设和实施保障等方面补充海绵城市的相关内容和要求；新增海绵城市分区、竖向规划、保障措施和特殊地区编制要求等文字内容。
 - (2) 图纸中，应在用地布局、道路交通、蓝线、给水、排水、防洪排涝、绿地系统和近期建设规划等规划图纸中增加有关海绵城市相关要求的规划内容或设施的图示；增加海绵城市建设情况现状图、海绵分区区划图、海绵分区建设指引图、竖向规划优化图、水污染治理规划图、重点绿地低影响开发规划图、海绵城市近期建设规划图等。

5.4.5 与城市控制性详细规划的协调

当控规单元的海绵专项规划与城市控制性详细规划一起编制时，海绵城市相关成果及内容应符合以下要求：

1. 成果形式——城市控制性详细规划成果一般包括法定文件（含文本和图表）、管理文件（含文本和管理图则）、技术文件（含说明书和图纸）。
2. 内容要求——应将海绵城市专项规划的相关内容纳入城市控制性详细规划相应文字说明和图纸中，具体应包括以下内容：
 - 1) 文本、说明书中，应分别在现状分析、用地布局、蓝线、绿线、竖向、道路、给水、污水、排水防涝设施等方面补充海绵城市的相关内容和要求；新增海绵城市分区分类、地块控制指标分解等文字内容。
 - 2) 分图图则中，补充海绵城市相关的蓝线、绿线、黄线、紫线等的规划控制内容；增加易涝区、区域性海绵设施的图标，明确海绵相关设施的位置和规模要求，无法落位的应标明落实的街区或地块的具体要求，便于下层次规划落实。
 - 3) 地块指标控制表中，按地块海绵城市控制指标分解的结果，因地制宜增加海绵城市控制指标。
 - 4) 图纸中，应在用地、绿地、竖向、道路、给水、污水、雨水等规划图中增加海绵城市相关要求或设施的图示表达，应增加海绵分区分类图、地块海绵城市控制指标分布图、地表径流路径图、道路低影响开发设施布局图等图纸。

5.4.6 与其他专项规划的协调

1. 与城市土地利用规划的协调。海绵城市专项规划应明确城市生态控制区和城市增长边界，确定水源涵养、水土保持、自然生态修复的具体目标。
2. 与水系专项规划的协调。海绵城市专项规划应依据城市水系专项规划划定的城市水域、岸线、滨水区，明确水系保护范围；保持城市水系结构的完整性，优化城市河湖水系布局，实现自然、有序排放与调蓄；优化水域、岸线、滨水区及周边绿地布局，明确海绵城市规划控制指标。
3. 与绿地系统专项规划的协调。海绵城市专项规划应提出城市绿地系统专项规划中不同类型绿地的低影响开发控制目标和指标；合理确定城市绿地系统低

影响开发设施的规模和布局；城市绿地与周边汇水区域有效衔接；充分利用多功能调蓄设施调控排放径流雨水。

4. 与道路交通专项规划的协调。海绵城市专项规划应提出城市道路交通专项规划中各等级道路海绵城市规划建设控制目标；协调道路红线内外用地空间布局与竖向；明确主要城市道路的海绵设施的基本选型及布局。
5. 与其他专项规划的协调。海绵城市专项规划应与城市其他相关规划，如市政专项规划（供水、污水、雨水、再生水、管线综合）、城市地下空间开发利用规划、综合管廊专项规划等在用地空间布局、竖向等方面有效衔接。

5.5 海绵城市规划建设管控

5.5.1 海绵城市建设分为规划项目、建设项目两大类实行规划管控(详见下图)，将海绵城市的建设要求落实到城市总规、控规、修规和相关专项规划的编制过程中，落实到建设项目的规划建设管控过程中。

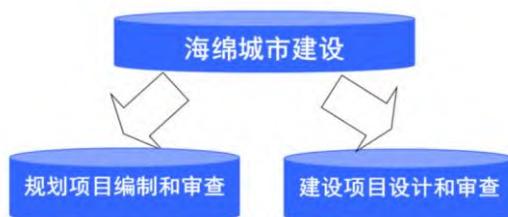


图 5-2 规划建设管控两条主线

5.5.2 规划项目管控

1. 全市市域、分区、各控规单元应分层级编制海绵城市专项规划，海绵城市专项规划确定的海绵城市建设内容，应分层级、分步骤地纳入到城市总体规划、控制性详细规划、修建性详细规划等法定规划中，其它专项规划应与其进行充分协调。
2. 现有的城市总体规划、详细规划、其它专项规划不满足海绵城市建设要求的，要适时进行修编。规划行政管理部门应对规划成果中海绵城市内容是否达到要求（参照本导则第 3 章及第 5 章）进行审查，并应广泛听取有关部门、专家和社会公众的意见。有关意见的采纳情况，应作为相关规划报批材料的附件。

5.5.3 建设项目管控

1、建设项目年径流总量控制率等指标的确定

1. 结合已编制的海绵城市专项规划（总规层级），确定区域的年径流总量控制率目标等核心控制指标。
2. 结合已编制的海绵城市专项规划（控规层级），确定该项目的年径流总量控制率目标值，并纳入项目建设的规划控制指标。
3. 将雨水年径流总量控制率等海绵城市建设要求作为城市规划许可和项目建设的前置条件，并纳入到建设项目规划建设审批程序。海绵城市建设项目应与主体工程同时规划、同时设计、同时施工、同时投入使用。

2、严格落实海绵城市建设相关要求。

- (1) 按照《佛山市海绵城市规划建设管理暂行办法》，发展改革、国土、规划、住建管理、交通运输、水务（利）等部门要加强项目监管，实现海绵城市建设管理流程全覆盖。

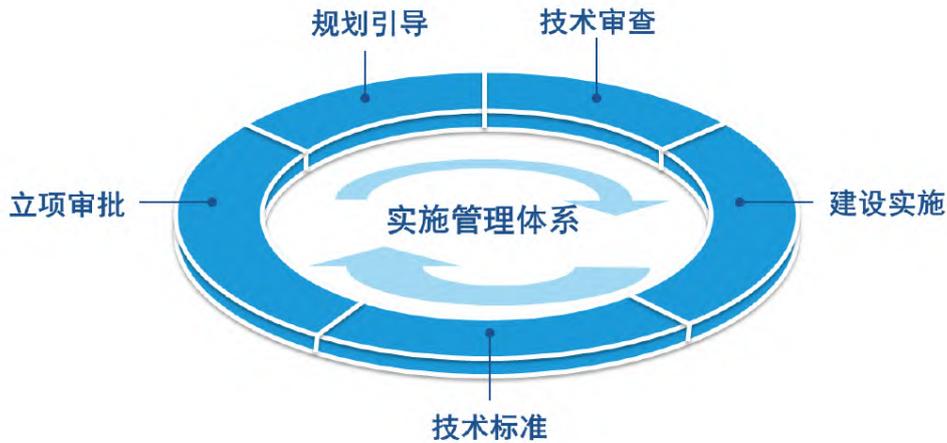


图 5-3 海绵城市建设管理流程

- (2) 发展改革部门应对建设项目的海绵城市建设在立项阶段审查时予以备案。
- (3) 土地划拨（出让）供地的建设项目，应在规划条件中明确其海绵城市建设内容和要求，未有控规成果或控规成果中未有海绵城市建设内容和要求的，应在规划条件中根据上层次规划或相关技术指引中的分类指标明确其海绵城市建设内容和要求，并作为划拨决定书的重要组成部分或土地出让合同的组成部分。

- (4) 对已审批未开工或已开工未完工的建设项目，全部或部分使用财政资金、国有资金占主导的建设项目，宜依法通过设计变更，落实海绵城市建设设施的要求。
- (5) 住建管理（公用事业）、交通运输、水务（利）部门分别牵头负责建筑与小区、城市绿地与广场，城市道路，城市水系建设项目的海绵城市设计审查（备案）、建设监督和管理。
- (6) 因项目实际情况不能完全按海绵城市标准或规划条件建设的，由项目建设单位向城乡规划主管部门提出申请，并由城乡规划主管部门牵头会同相关部门，结合项目实际情况，组织研究论证，通过采取区域平衡等方法，以海绵城市建设效益最大化的原则明确具体的建设要求。
- (7) 环保部门在环评审批阶段，应加强对海绵城市建设可能带来的环境影响进行审查。
- (8) 城乡规划、项目建设主管部门可采用购买服务的方式委托具有相应评估能力的专业技术服务机构对建设单位或者个人所提交的海绵城市建设专篇材料进行专项技术评估，作为出具审查意见的依据。



图 5-4 建设项目各部门管控流程图

6 海绵城市设计指引

6.1 项目设计一般规定

6.1.1 海绵城市设计应遵循规划引领、生态优先、安全为重、因地制宜、统筹建设的原则，秉持源头减排、过程控制、系统治理的设计理念，源头与末端、绿色与灰色、地上与地下设施统筹设计，综合考虑。

6.1.2 海绵城市设计内容应包含低影响开发雨水系统、城市雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统，综合达到相关规划提出的径流总量、径流污染、排水及内涝防治设计标准。

6.1.3 海绵城市设计需由给排水、水利、园林、建筑、道路、结构、电气等专业协同完成。

6.1.4 海绵城市设计文件的编制应符合不同阶段的设计深度要求，施工图审查应对低影响开发设施的规模、有效调蓄深度、安全距离等进行重点审查，达到低影响开发的单位面积控制容积控制指标与设计降雨量标准，达到排水及内涝防治的设计重现期标准。

6.2 项目设计流程



图 6-1 海绵城市项目设计流程

6.2.1 项目的海绵设计目标应满足城市总体规划、控制性详细规划、修建性详细规划、专项规划等相关规划提出的控制目标与指标要求，并结合气候、土壤及土地利用等条件，合理选择单项或组合的雨水渗透、储存、调节等为主要功能的海绵设施（详见附录）。

6.2.2 海绵设施的规模应根据设计目标，经水文、水力计算得出，有条件的应通过模型模拟对设计方案进行综合评估，并结合技术经济分析确定最优方案。

6.2.3 项目的海绵设计各阶段均应体现低影响开发设施的平面布局、竖向、构造，及其与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统的衔接关系等内容。

6.2.4 项目的海绵设计与审查（规划总图审查、方案及施工图审查）应与园林绿化、道路交通、排水、建筑等专业相协调。

6.3 各阶段项目设计要求

6.3.1 项目前期。了解项目属性（改造/新建）及项目位置；项目自身及和周边区域的竖向关系；了解项目及其周边的土壤特性；了解项目周边市政排水、水系、绿地系统规划与现状条件，确定项目的排水方向与下垫面可接纳最大排水量。

6.3.2 方案设计阶段。主控专业根据控规及专项规划指标，结合总平面设计确定海绵城市相关的各项指标，包括年径流总量控制率及其设计降雨量、下沉式绿地率、透水铺装率、绿色屋顶率比例、生态岸线比例等。

给排水专业按项目条件进行汇水区划分，选择雨水控制利用模式及调蓄设施类型，计算调蓄设施规模和位置，确定设施与周边场地、道路的竖向关系，表示出雨水汇集方向、调蓄设施与雨水管渠系统、水系的衔接关系等；与配合专业及其他相关专业对接设计条件及要求；根据技术经济分析进行方案比选。

6.3.3 初步设计阶段。对方案设计阶段的内容进行深化，相关专业配合给排水专业、水利专业进行设计优化调整。主控专业应根据相关主管部门批文进行总平面调整。

园林专业应根据相关下沉式绿地及生态岸线的要求，结合园林景观需要，合理规划设计。道路专业应调整道路横坡与纵坡坡向、道路横断面形式（绿化带宽度与位置等）等。经济专业应计算专项工程的概算。

6.3.4 施工图阶段。落实细化初步设计阶段的内容，总图专业落实海绵设施的标高控制，下沉式绿地、调蓄池等的位置和详图等；给排水专业要结合总图，确定雨水管线、雨水井的具体位置和标高关系，并附纵断面图和雨水调蓄设施的位置、规模、进出水标高和构造做法详图，并提供相关计算书。景观园林专业需要根据给排水专业提供的下沉深度等条件进行种植设计，以及各景观设施的做法详图；道路专业提供道路雨水管道的布置图、纵断面图、雨水口布置图等。结构、电气专业应完成相应专业内容的施工图设计。

6.4 建筑与小区设计指引

6.4.1 建筑与小区低影响开发雨水系统典型流程如下图 6-2 所示。

建筑与小区可将屋面、路面等硬化空间的径流引入绿地内的雨水花园、植草沟、下沉式绿地等雨水滞蓄设施进行渗透、调蓄及净化，水质较好的雨水可通过蓄水池等雨水收集回用设施进行收集，经简单处理后回用。地块内有景观水体时宜优先考虑构建以景观水体为核心的雨水综合利用系统。

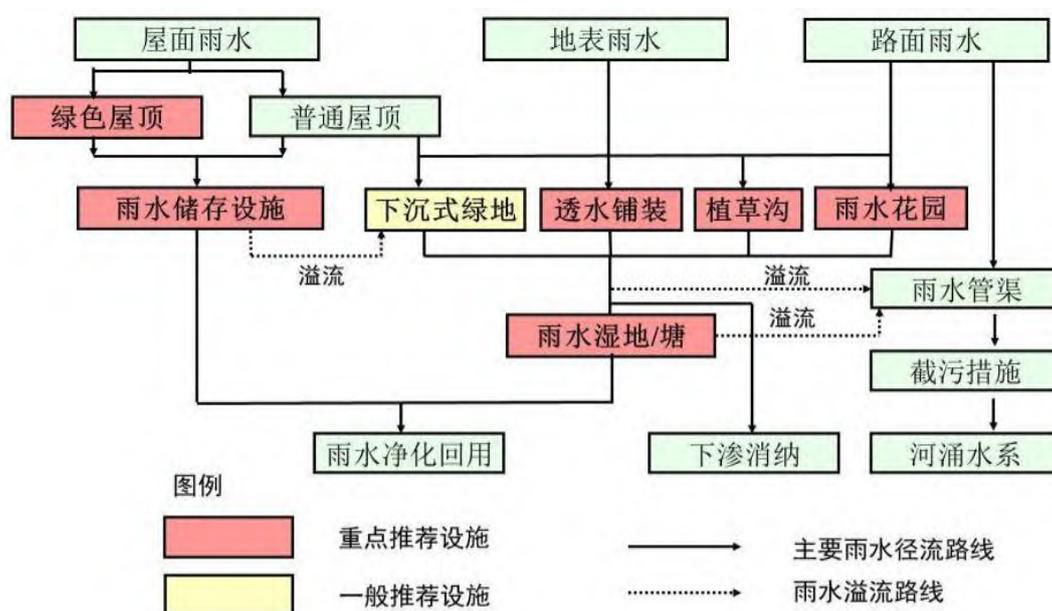


图 6-2 建筑与小区低影响开发雨水系统典型流程（推荐）

6.4.2 场地设计

1. 应充分结合现状地形地貌进行场地设计与建筑布局，保护并合理利用场地内原有的湿地、坑塘、沟渠等。

2. 应优化不透水硬化下垫面与绿地空间布局，建筑、广场、道路周边宜布置可消纳径流雨水的绿地。建筑、道路、绿地等竖向设计应有利于径流汇入低影响开发设施。
3. 低影响开发设施的选择除生物滞留设施、雨水罐等小型、分散的低影响开发设施外，还可结合集中绿地设计渗透塘、湿塘、雨水湿地等相对集中的低影响开发设施，并衔接整体场地竖向与排水设计。
4. 景观水体补水、循环冷却水补水及绿化灌溉、道路浇洒用水的非传统水源宜优先选择雨水。按绿色建筑标准设计的建筑与小区，其非传统水源利用率应满足《绿色建筑评价标准》（GB/T50378）的要求，其他建筑与小区宜参照该标准执行。
5. 有景观水体的小区，景观水体应具备雨水调蓄功能，景观水体的规模应根据降雨规律、水面蒸发量、雨水回用量等，通过全年水量平衡分析确定。
6. 雨水进入景观水体之前应设置前置塘、植被缓冲带等预处理设施，同时可采用植草沟转输雨水，以降低径流污染负荷。景观水体宜采用非硬质池底及生态驳岸，为水生动植物提供栖息或生长条件，并通过水生动植物对水体进行净化，必要时可采取人工土壤渗滤等辅助手段对水体进行循环净化。
7. 绿地在满足改善生态环境、美化公共空间、为居民提供游憩场地等基本功能的前提下，应结合绿地规模与竖向设计，在绿地内设计可消纳屋面、路面、广场及停车场径流雨水的低影响开发设施，并通过溢流排放系统与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统有效衔接。
8. 道路径流雨水进入绿地内的低影响开发设施前，应利用沉淀池、前置塘等对进入绿地内的径流雨水进行预处理，防止径流雨水对绿地环境造成破坏。

6.4.3 建筑

1. 屋顶坡度较小的建筑可采用绿色屋顶，绿色屋顶的设计应符合《屋面工程技术规范》（GB50345）的规定。
2. 宜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绿地内小型、分散的低影响开发设施，或通过植草沟、雨水管渠将雨水引入场地内的集中调蓄设施。

3. 建筑材料是径流雨水水质的重要影响因素，应优先选择对径流雨水水质没有影响或影响较小的建筑屋面及外装饰材料。
4. 地下建筑的出入口及通风井等出地面构筑物的敞口部位应高于周边地坪不小于 300mm，并应采取防止被雨水淹没的措施。
5. 应限制地下空间的过度开发，为雨水回补地下水提供渗透路径。
6. 收集雨水及回用水管道严禁与生活饮用水管道连接。
7. 阳台雨水应接入市政污水管。

6.4.4 小区道路

1. 道路横断面设计应优化道路横坡坡向、路面与道路绿化带及周边绿地的竖向关系等，便于径流雨水汇入绿地内低影响开发设施。
2. 路面排水宜采用生态排水的方式。路面雨水首先汇入道路绿化带及周边绿地内的低影响开发设施，并通过设施内的溢流排放系统与其他低影响开发设施或城市雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统相衔接。
3. 路面宜采用透水铺装，透水铺装路面设计应满足路基路面强度和稳定性等要求。

6.4.5 小区绿化

低影响开发设施内植物宜根据水分条件、径流雨水水质等进行选择，宜选择耐淹、耐污等能力较强的乡土植物。具体详见《佛山市海绵城市建设园林绿化技术指引》。

附加说明

本指引用词说明

1、 为便于在执行本指引条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况均应这样做的:

正面词采用“应”、“得”;

反面词采用“不应”、“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”或“可”;

反面词采用“不宜”。

2、 条文中指定应按其它有关标准、规范执行时,写法为“应符合……的规定”

或“应按……执行”。

佛山市海绵城市规划导则（试行）

技术资料

技术资料目录

1	技术资料一 相关规范和文件.....	44
1.1	相关规范.....	44
1.2	相关文件.....	44
2	技术资料二 海绵城市常用设施选择.....	46
2.1	渗透类技术设施.....	46
2.1.1	透水铺装.....	46
2.1.2	下沉式绿地.....	50
2.1.3	生物滞留设施.....	51
	1、雨水花园.....	51
	2、生物滞留带.....	53
	3、生态树池.....	54
2.2	储存类技术设施.....	54
2.2.1	湿塘.....	54
2.2.2	雨水湿地.....	56
2.2.3	蓄水池.....	58
2.2.4	雨水罐.....	60
2.3	调节类技术措施.....	60
2.4	净化类技术设施.....	61
2.4.1	绿色屋顶.....	61
2.4.2	环保型雨水口.....	62
2.4.3	植被缓冲带.....	63
2.4.4	生态驳岸.....	64
2.5	转输型技术设施.....	68
3	技术资料三 模型技术的应用.....	71
3.1	模型技术意义.....	71
3.2	常用模型介绍.....	72
3.3	模型在规划阶段的应用.....	72
3.3.1	年径流总量控制率的分析及分解.....	72
3.3.2	规划方案制定及优化.....	81
3.4	模型在设计阶段的应用.....	82
3.4.1	项目设计方案制定及优化.....	82
3.4.2	项目设计方案评估.....	84

1 技术资料一 相关规范和文件

1.1 相关规范

佛山市海绵城市建设规划设计除执行本导则外,还应符合国家及地方现行相关标准、规范的规定。

- (1) 《城市水系规划规范》(GB50513)
- (2) 《城市居住区规划设计规范》(GB50180)
- (3) 《城市排水工程规划规范》(GB50318)
- (4) 《城市用地竖向规划规范》(CJJ83)
- (5) 《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB50137)
- (6) 《室外排水设计规范》(GB50014)
- (7) 《建筑给水排水设计规范》(GB50015)
- (8) 《建筑与小区雨水利用工程技术规范》(GB50400)
- (9) 《建筑中水设计规范》(GB50336)
- (10) 《城市绿地设计规范》(GB50420)
- (11) 《城市道路工程设计规范》(CJJ37)
- (12) 《绿色建筑评价标准》(GB/T50378)
- (13) 《民用建筑绿色设计规范》(JGJ/T229)
- (14) 《种植屋面工程技术规程》(JGJ155)
- (15) 《透水砖路面技术规程》(CJJ/T 188)
- (16) 《屋面工程技术规范》(GB50345)
- (17) 《坡屋面工程技术规范》(GB50693)
- (18) 《地下工程防水技术规范》(GB50108)
- (19) 《城市道路与开放空间低影响开发雨水设施》(15MR105)
- (20) 《海绵型建筑与小区雨水控制与利用》(10SS705)
- (21) 《透水铺装》(10MR204)
- (22) 《环保型道路路面》(15MR205)

1.2 相关文件

- (1) 《国务院关于加强城市基础设施建设的意见》(国发〔2013〕36号)

- (2) 《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）
- (3) 《城镇排水与污水处理条例》（国务院令 第641号）
- (4) 《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）
- (5) 《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》（中发〔2016〕6号）
- (6) 《国务院关于深入推进新型城镇化建设的若干意见》（国发〔2016〕8号）
- (7) 《住房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》（建办城函〔2015〕635号）（2015年7月）
- (8) 《水利部关于印发推进海绵城市建设水利工作的指导意见的通知》（水规计〔2015〕321号）（2015年8月）
- (9) 《海绵城市建设技术指南—低影响开发雨水系统构建》（试行）（住房城乡建设部）（2014年10月）
- (10) 《海绵城市建设国家建筑标准设计体系》（2016年1月）
- (11) 《住房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》（建规〔2016〕50号）（2016年3月）
- (12) 《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》（粤府办〔2016〕53号）
- (13) 《佛山市人民政府关于推进海绵城市建设的实施意见》（佛府〔2016〕5号）（2016年1月）

2 技术资料二 海绵城市常用设施选择

海绵城市建设可通过渗、滞、蓄、净、用、排等多种技术实现城市良性水文循环，提高对径流雨水的渗透、调蓄、净化、利用和排放能力，维持或恢复城市的“海绵”功能。

渗、滞、蓄、净、用、排等技术包含若干不同形式的技术设施，主要分为五类：渗透类技术设施、储存类技术设施、调节类技术设施、净化类技术设施、转输类设施五类，结合佛山市的水文地质特点，较为适用的技术设施的设计方法和要求详见下文。

其中在地下水位高、土壤渗透性差的地区建设海绵城市设施时，在设施底部（如透水铺装、雨水花园等）应加穿孔渗透管，明确置换土壤，不应建简易式的下沉式绿地。

2.1 渗透类技术设施

2.1.1 透水铺装

概念与构造：透水铺装是一种可以将路面的雨水渗透到路基或是周围的土壤中并加以储存的生态可持续的雨洪控制与雨水利用设施。根据透水面层的不同，透水铺装可分为透水砖、透水水泥混凝土和透水沥青混凝土三种形式。图 2-1 至图 2-4 给出了透水砖铺装典型结构示意和几种透水铺装路面示意图。

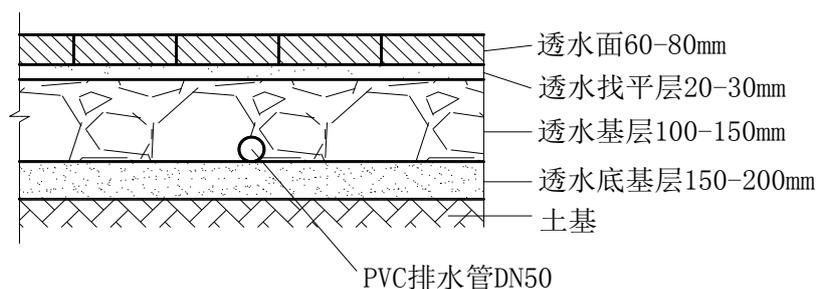


图 2-1 透水砖铺装典型结构示意图

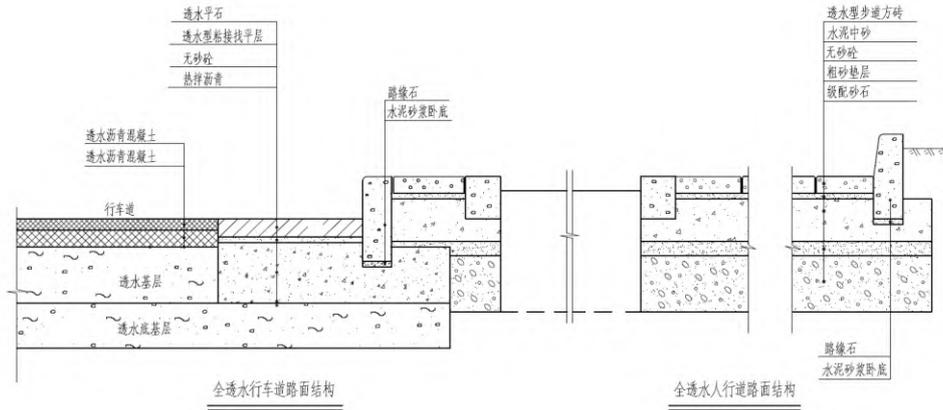


图 2-2 透水铺装路面（一）

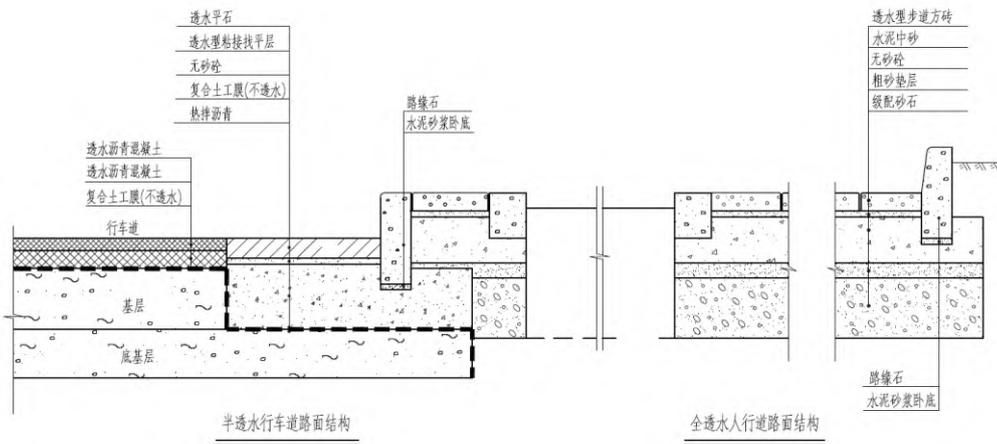


图 2-3 透水铺装路面（二）

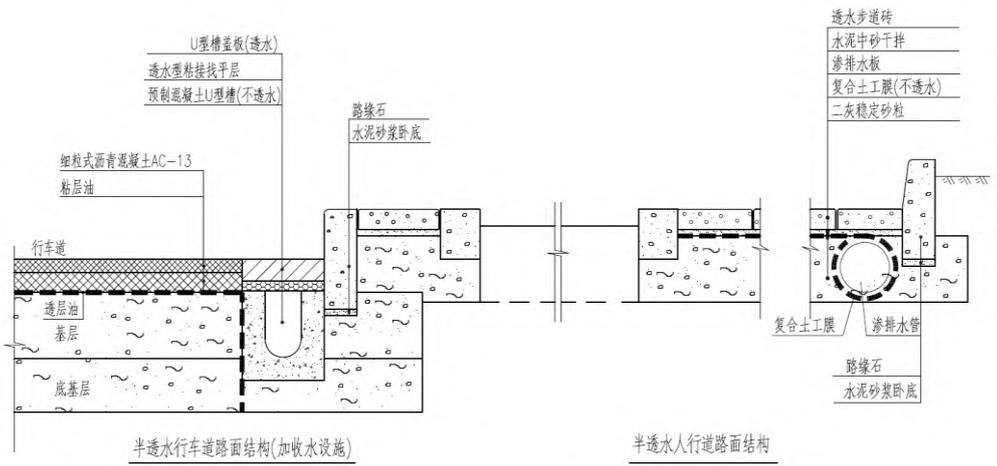


图 2-4 透水铺装路面（三）

适用范围：透水铺装宜用于非机动车道、停车场及轻交通路面。

设计要点：

- 1) 道路公交站台、路口等易积水点宜采用透水铺装。

- 2) 地下水位或不透水层埋深小于 1.0m 时不宜采用透水铺装。
- 3) 透水铺装坡度不宜大于 2.0%。当透水铺装坡度大于 2.0%时，沿长度方向应设置隔断层，隔断层顶端宜设置在透水面层下 2~3cm，隔断层可采用大于 16mm 的 HDPE 或 PVC 防渗膜或者混凝土。最大隔断长度应采用下式计算：

$$L_{p\max} = \frac{D_p}{1.5 \times S_p}$$

式中：

$L_{p\max}$ —透水铺装最大隔断距离 (m)

D_p —透水垫层厚度 (m)

S_p —透水铺装坡度

- 4) 雨水径流水质等级为 D 级时不宜采用透水铺装。
- 5) 周边的客水不宜引导到透水面层上入渗。净化后的雨水可引导到透水垫层储存、入渗。
- 6) 透水铺装应至少包括透水面层、透水找平层和透水垫层。
- 7) 透水铺装基层土壤应按道路专业设计要求进行处理。
- 8) 透水垫层厚度不宜小于 150mm，孔隙率不应小于 30%，透水垫层厚度应根据蓄存水量要求及蓄存雨水排空时间确定。
- 9) 透水垫层应采用连续级配砂砾料、单级配砾石等透水性材料。单级配砾石垫层的粒径宜为 5~10mm，连续级配砂砾料垫层的粒径宜为 5~40mm。
- 10) 当透水铺装基层土壤不允许土壤入渗或基层土壤为 D 型土壤时，透水垫层可按如下要求设置：
 - a) 透水垫层下面设置 150mm 沙滤层；
 - b) 在沙滤层与透水垫层之间设置透水土工布层；
 - c) 沙滤层下面沿道路横向设置穿孔管，穿孔管可按下列要求设置：
 - a) 穿孔管管径宜为 100~150mm；
 - b) 穿孔管沿透水铺装横向坡度应大于 1.0%；
 - c) 穿孔管周边采用砾石槽包裹，砾石采用与透水垫层相同的材料，砾石槽断面尺寸宜采用梯形断面，梯形上层宽度宜为 0.5m，下底宽为 0.2m，高为 0.2m。穿孔管上下各设置 5cm 砾石层。
 - d) 穿孔管可接检查井排放或渗透井入渗。

- 11) 当透水铺装基层土壤不允许土壤入渗，沙滤层与基层土壤间应设置防渗层。
- 12) 透水找平层渗透系数应大于 $5 \times 10^{-4} \text{m/s}$ ，厚度宜为 20~50mm。找平层宜采用粗砂、细石、透水混凝土等材料。
- 13) 透水砖应满足下列要求：a) 渗透系数大于 $1 \times 10^{-4} \text{m/s}$ ；b) 孔隙率大于 20%；c) 抗压强度大于 35MPa，抗折强度大于 3.2MPa。
- 14) 透水水泥混凝土应满足下列要求：
a) 采用高强度等级的矿渣硅酸盐水泥；b) 停车场水泥混凝土厚度宜为 100~150mm，道路水泥混凝土厚度宜为 150~300mm；c) 孔隙率为 15%~21%。
- 15) 透水沥青混凝土应满足下列要求：
a) 停车场沥青混凝土厚度宜为 50~100mm，道路沥青混凝土厚度宜为 100~150mm；b) 孔隙率大于 16%。
- 16) 透水铺装应设置溢流设施，溢流设施宜采用如下形式：



图 2-5 透水铺装溢流设施

- 17) 透水铺装计算有效雨水存储量应按下式计算：

$$V_p = 0.5 \times (D_p \times \theta_p + D_c \times \theta_c) \times L_{p\max} \times W_p$$

式中：

V_p —透水铺装有效雨水存储量 (m^3)；

D_p , D_c —分别是透水垫层和透水面层厚度 (m)；

θ_p , θ_c —分别是透水垫层和透水面层孔隙率；

$L_{p\max}$ —透水铺装隔断长度 (m)；

W_p —透水铺装宽度 (m)。

2.1.2 下沉式绿地

概念与构造：下沉式绿地具有狭义和广义之分，狭义的下沉式绿地指低于周边铺砌地面或道路在 200mm 以内的绿地；广义的下沉式绿地泛指具有一定的调蓄容积（在以径流总量控制为目标进行目标分解或设计计算时，不包括调节容积），且可用于调蓄和净化径流雨水的绿地，包括生物滞留设施、渗透塘、湿塘、雨水湿地、调节塘等，广义的下沉式绿地下沉深度无硬性规定。

狭义的下沉式绿地典型构造如下图所示。

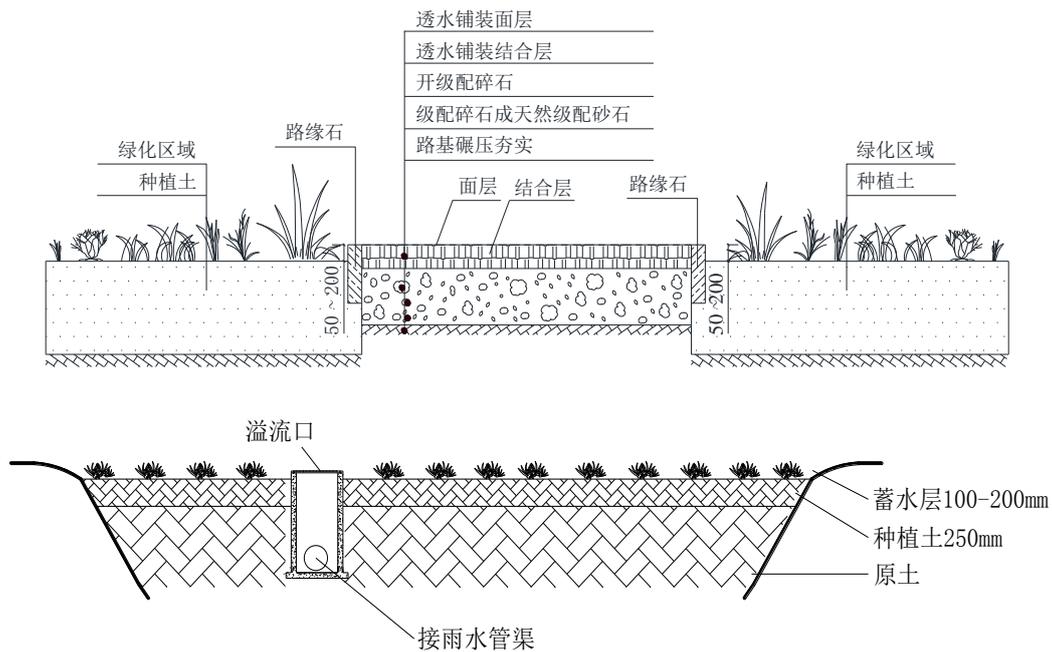


图 2-6 狭义的下沉式绿地典型构造示意图

适用范围：下沉式绿地可广泛应用于城市建筑与小区、道路、绿地和广场内。对于径流污染严重、设施底部渗透面距离季节性最高地下水位或岩石层小于 1 m 及距离建筑物基础小于 3 m（水平距离）的区域，应采取必要的措施防止次生灾害的发生。

设计要点：下沉式绿地的设计应符合下列规定：

- 1) 对以草皮为主的绿地，下沉深度应根据植物耐淹性能和土壤渗透性能确定，宜为 50mm~200mm，且不得大于 300mm。
- 2) 根据下沉式绿地的设计和主要目的，绿地内应选用适合绿地运行条件，并满足景观设计要求的植物品种。

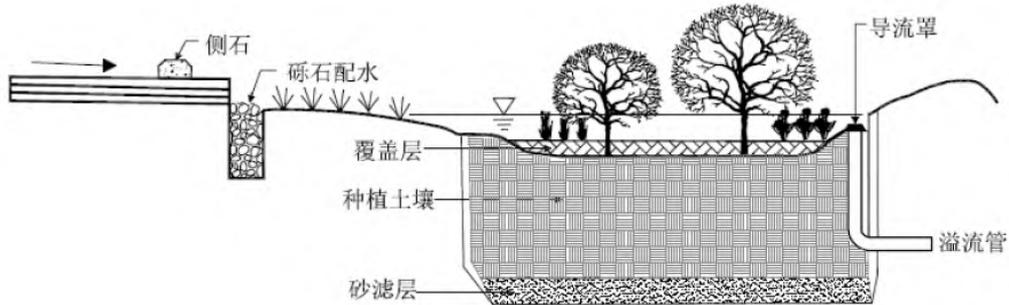
- 3) 下沉式绿地内宜设置雨水口，并应满足暴雨时径流的溢流排放，雨水口顶部标高应低于周边硬化汇水面不小于 50mm。宜采用立体排水等不易堵塞的雨水口。
- 4) 绿地排空时间一般为 24h-48h。
- 5) 溢流口宜设有沉泥斗，深度不应小于 300mm。

2.1.3 生物滞留设施

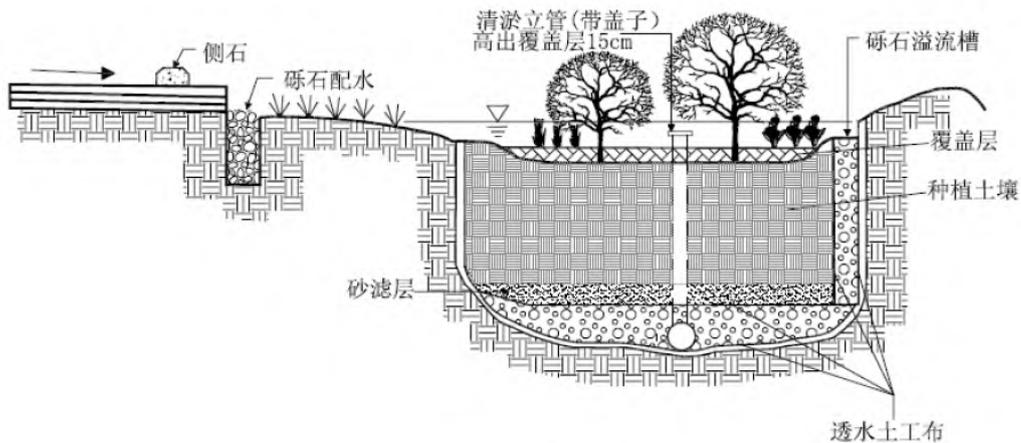
生物滞留设施是一种雨水表面滞留入渗的绿地设施，被用于汇聚并吸收来自路面的雨水，通过植物、沙土的综合作用使雨水得到净化，并使之逐渐渗入土壤，涵养地下水。根据应用位置不同又称作雨水花园、生物滞留带、生态树池等。

1、雨水花园

构造：雨水花园可采用简易型和增强型两种形式，两种形式结构见下图。



简易型雨水花园结构图



增强型雨水花园结构图

图 2-7 雨水花园结构图

适用范围：雨水花园适用于各种不透水面雨水径流，但是 IV 类水质等级的雨水径流需要先经过预处理。

设计要点：

- 1) 单个雨水花园的集水面积不宜大于 0.5ha。
- 2) 简易型雨水花园底部土壤渗透系数应大于 $4 \times 10^{-6} \text{m/s}$ ；地下水位及不透水层深度应大于 1.20m；增强型雨水花园底部地下水位及不透水层深度应大于 0.70m。
- 3) 雨水花园宜包括下列构造：a) 进水设施；b) 存水区；c) 覆盖层；d) 土壤层；e) 种植物；f) 沙滤层；g) 地下排水层；h) 溢流设施。
- 4) 雨水花园应设置配水设施，使得雨水能顺畅、均匀地流入雨水花园，不会对土壤造成冲蚀。
- 5) 雨水花园最大存水深度宜设置为 10~30cm；雨水花园存水区四周宜设置大于 2:1 (H:V) 的边坡。
- 6) 雨水花园应设置 5~10cm 覆盖层，覆盖层宜采用枯树皮和树叶。
- 7) 雨水花园的面积应按照以下公式计算：
 - a) 简易型

$$A_f = \frac{V_{WQ} \times d_f}{i \times (h_f + d_f) \times t_f \times 3600}$$

- b) 增强型

$$A_f = \frac{V_{WQ} \times d_f}{k \times (h_f + d_f) \times t_f * 3600}$$

式中：

A_f —雨水花园面积 (m^2)；

V_{WQ} —雨水花园径流污染控制量 (m^3)；

d_f —种植土壤层厚度 (m)；

i —雨水花园底层土壤渗透系数 (m/s)

k —雨水花园内配置土壤渗透系数 (m/s)；

h_f —雨水花园平均存水深度 (m) = 0.5m*最大存水深度；

t_f —雨水花园雨水排空时间 (hr)，宜按 36 小时设计。

- 8) 雨水花园中应采用本地种植物，其耐淹或挺生时间应大于 36 小时。
- 9) 雨水花园中种植物的布置宜与景观专业配合设计；乔木应种植在雨水花园周边，不能种植在进水口处。

2、生物滞留带

构造：生物滞留带的构造通常包括存水层、覆盖层、种植土壤层、沙滤层或砾石蓄水层。实景及具体构造见下图。

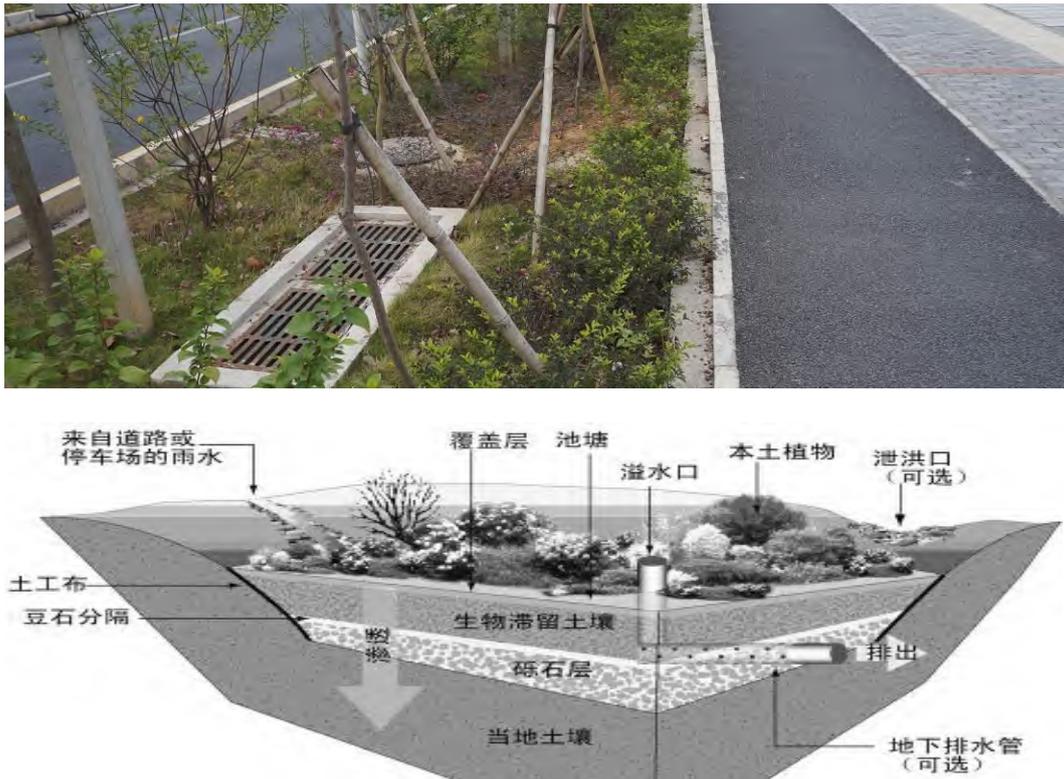


图 2-8 生物滞留设施实景图 and 构造图

适用范围：生物滞留带适用于道路绿化带（中央绿化带可不采用），尤其是机动车道主道和辅道、机动车道和非机动车道之间绿化分隔带。

设计要点：当道路纵坡大于 1%，生物滞留设施应设置挡水堰/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。当原位土壤入渗滤小于 $4 \times 10^{-6} \text{m/s}$ ，或地下水位及不透水层深度小于 1.20m 时，不宜采用入渗型设施；地下水位及不透水层深度小于 0.7m，不宜采用过滤型设施。

3、生态树池

概念与构造：生态树池是一种小型生物滞留池，是一种特殊构造的行道树，能有效的控制雨水径流，尤其是当分散在整个场地时。径流雨水被引导至生态树池，在进入集水井之前通过土壤和过滤层进行净化，并且通过收集径流雨水为树木提供灌溉用水。

生态树池的基本构为从上到下为存水层、种植土、砾石排水层，根据其构造不同，亦可分为入渗型和过滤型。生态树池存水层上部设置溢流口，连接至雨水井，当雨水径流量超过树池的处理能力时，溢流至雨水管网系统。



图 2-9 生态树池实景图 and 构造图

适用范围：生态树池是一种特殊结构的行道树，其适用于市政道路上的行道树，尤其是适用于宽度较窄而无带状绿化带的市政道路。

2.2 储存类技术设施

2.2.1 湿塘

概念与构造：湿塘指具有雨水调蓄和净化功能的景观水体，雨水同时作为其主要的补水水源。湿塘一般由进水口、前置塘、主塘、溢流出水口、护坡及驳岸、维护通道等构成。湿塘的典型构造如下图所示。

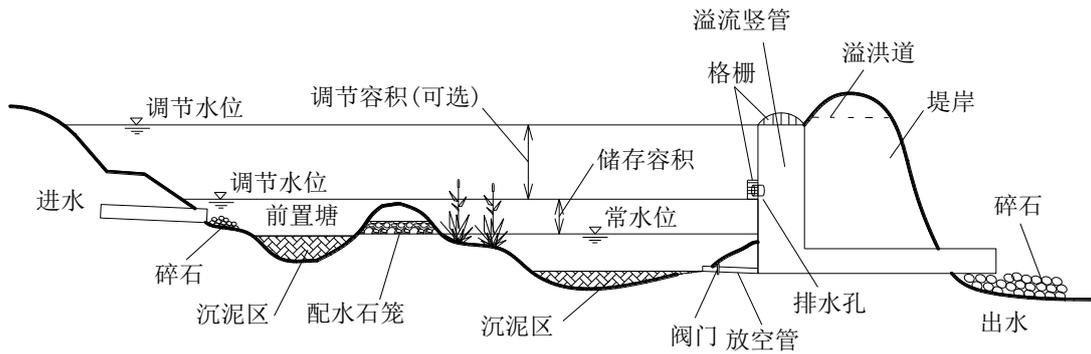


图 2-10 湿塘典型构造示意图

湿塘容积可分为永久容积和调蓄容积两部分，其中调蓄容积应根据调蓄量、调蓄水深、水力停留时间、景观要求、场地条件等因素确定，并应考虑长期运行后，底泥沉积造成的有效容积减小。调蓄水深一般不宜大于 1.5m，水力停留时间一般为 7d，并应考虑长期运行后，底泥沉积造成的有效容积减小。湿塘的永久容积一般和调蓄容积相同，有利于减小进入塘内水的流速，提高水质净化能力。

适用范围：湿塘有时可结合绿地、开放空间等场地条件设计为多功能调蓄水体，即平时发挥正常的景观及休闲、娱乐功能，暴雨发生时发挥调蓄功能，实现土地资源的多功能利用。

设计要点：

- 1) 湿塘深度宜为 1m~3m；湿塘边坡不应小于 1:4，挺水植物带宽度不应小于 3m、水深宜为 300mm~500mm，植物带至塘内的边坡不宜小于 1:3；湿塘出水口应确保调蓄的雨水在 48h 内排出；湿塘的近岸应设置植物带，可有效减小水流的冲蚀，拦截沿坡冲下来的颗粒态污染物；周边应设置安全防护设施，防止人员跌落。
- 2) 当地土壤透水性较强、地下水位较低或水资源短缺时，宜采取防渗措施；进水端流量较大时，宜在进水端设置石笼墙和碎石区等消能设施；入口处宜设置前置塘，对雨水径流进行预处理；水体调蓄工程宜采用生态堤岸。
- 3) 净化功能为主的湿塘在土壤透水性较强、地下水位较低地区应用时，需采取防渗措施，避免污染地下水；净化功能为主的湿塘，应通过调整设计参数，适当延长水力停留时间，保证湿塘净化效果；净化功能为主的

湿塘，其调蓄水深宜采用低值，降低调蓄水深对植物影响，保障植物净化效果。

2.2.2 雨水湿地

概念与构造：雨水湿地是介于陆地生态系统和水生生态系统之间的一种特殊的生态系统，利用物理、水生植物及微生物等作用净化雨水，是一种高效的径流污染控制设施。雨水湿地分为表面流雨水湿地和小型潜流湿地两类。

雨水湿地应包括以下构造：进水及预处理前池，深水通道，浅水区，出水池，出水及溢流设施。



图 2-11 表面流雨水湿地和小型潜流雨水湿地实景图

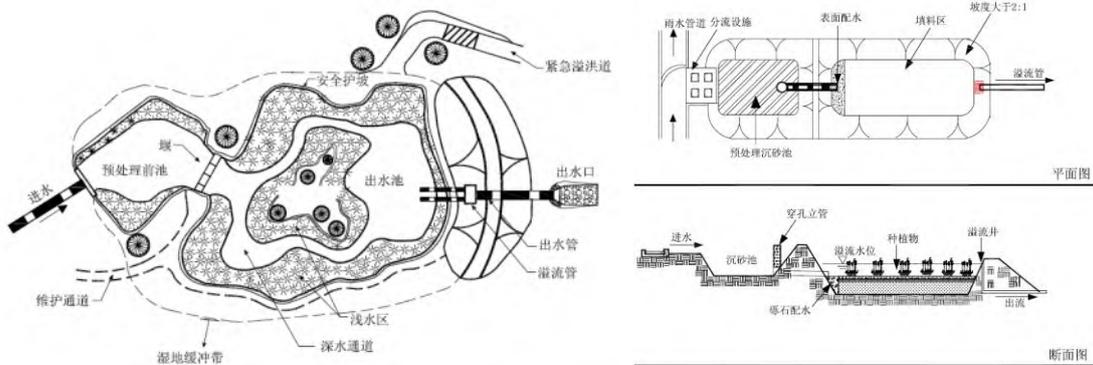


图 2-12 表面流雨水湿地和小型潜流雨水湿地构造示意图

适用范围：适用于公园、高速公路、工业区等人口相对稀少的地方。

设计要点：

- 1) 雨水湿地可采用表面流雨水湿地和潜流湿地两种形式。
- 2) 雨水湿地应根据汇水区面积、蒸发量、渗透量、湿地滞流雨水量等实际状况计算其水量平衡，保证在 30d 干旱期内不会干涸。

- 3) 表面流雨水湿地宜包括下列构造： a) 进水及预处理前池； b) 深水通道； c) 浅水区； d) 出水池； e) 出水及溢流设施。
- 4) 表面流雨水湿地的总面积不宜小于汇水面积的 1%，且不宜小于 15ha。
- 5) 表面流雨水湿地宜设计常水位、滞流水位和溢流水位。
- 6) 表面流雨水湿地应设置深水通道，深水通道应符合下列要求： a) 深水通道在常水位下的水深宜为 1.0~1.5m； b) 深水通道在常水位下的容量应大于 $0.25V_{wq}$ ； c) 深水通道应尽量延长水力停留时间，通道长度与直线距离之比宜大于 1.5。
- 7) 表面流雨水湿地常水位应符合以下要求： a) 雨水湿地内超过 35%的面积水深小于 15cm； b) 雨水湿地内超过 65%的面积水深小于 50cm； c) 满足景观及水深植物生长要求。
- 8) 表面流雨水湿地滞流水位和溢流水位应符合本文件滞留(流)设施中 8) 和 9) 条要求。
- 9) 表面流雨水湿地岸边高程应高于溢流口 30cm 以上。
- 10) 当表面流雨水湿地岸边处常水位水深超过 1.2m 时，护坡宜采用两级平台，平台应符合下列要求： a) 下部平台宽度大于 1.0m，位于常水位下 0.5m； b) 上部平台宽度大于 1.0m，位于常水位上 0.5~0.8m 处。
- 11) 表面流雨水湿地应设置出水池，出水池应符合下列要求： a) 出水池常水位水深宜为 0.8~1.2m； b) 出水池常水位容量不小于常水位湿地总容量的 5%。
- 12) 表面流雨水湿地防洪标准应满足下列要求：适用于项目所在地的相关防洪(潮)及排水法律法规及规划。
- 13) 表面流雨水湿地小口出水及溢流设施设置应符合本文件滞留(流)塘设计的要求。
- 14) 当表面流雨水湿地面积受到限制时，可采用砾石等填料提高其污染物去除效果及滞流能力。
- 15) 表面流雨水湿地宜在深水区、浅水区、护坡、出水池周边种植水生植物，种植物应符合下列要求： a) 选择本地水生植物； b) 水生植物要根据各个区域的常水位水深配置； c) 满足景观设计要求； d) 根系发达。

- 16) 潜流湿地地形坡度宜小于 2%。
- 17) 当潜流湿地底部土壤渗透系数大于 $1 \times 10^{-7} \text{m/s}$ 且高于地下水位时, 应设置防渗层。
- 18) 当汇水区雨水径流水质为 C、D 等级时, 潜流湿地应采用预处理设施。
- 19) 潜流雨水湿地宜包括以下构造: a) 配水设施; b) 填料层; c) 存水及种植物区; d) 溢流设施。
- 20) 潜流湿地可采用表面配水或地下穿孔管配水。
- 21) 潜流湿地地下穿孔管配水设施应符合下列要求: a) 穿孔管直径宜为 150~300mm; b) 穿孔管坡度宜为 1%~2%; c) 穿孔管周边应包裹砾石, 砾石外包透水土工布; d) 宽度方向每 5m 宜设置一根穿孔管; e) 每根穿孔管应设置清淤立管。
- 22) 潜流湿地存水深度宜为 15~30cm, 存水区边坡应大于 2:1 (H:V)。
- 23) 潜流湿地宜种植 3 种以上种类的水生植物。
- 24) 潜流湿地的填料层宜下列部分组成: a) 5~10cm 种植土层; b) 5cm 豆砾石层; c) 40~100cm 砾石层。
- 25) 潜流湿地应设置溢流设施。溢流设施可采用溢流管或溢流井, 溢流口高程应与最大存水高程持平。

2.2.3 蓄水池

概念与构造: 蓄水池指具有雨水储存功能的集蓄利用设施, 同时也具有削减峰值流量的作用, 主要包括钢筋混凝土蓄水池, 砖、石砌筑蓄水池及塑料蓄水模块拼装式蓄水池。蓄水池典型构造可参照国家建筑标准设计图集《雨水综合利用》(10SS705)。

适用范围: 蓄水池适用于有雨水回用需求的建筑与小区、城市绿地等, 根据雨水回用用途(绿化、道路喷洒及冲厕等)不同需配建相应的雨水净化设施。

设计要点:

- 1) 雨水储存设施应设有溢流排水措施, 溢流排水措施宜采用重力溢流。雨水收集系统的蓄水构筑物在发生超过设计能力降雨、连续降雨或在某种故障状态时, 池内水位可能超过溢流水位发生溢流。重力溢流指靠重力

作用能把溢流雨水排放到室外，且溢流口高于室外地面。室内蓄水池的重力溢流管的排水能力应大于进水设计流量。

2) 当蓄水池和弃流池设在室内且溢流口低于室外地面时，应符合下列要求：

- ① 当设置自动提升设备排除溢流雨水时，溢流提升设备的排水标准应按 50 年降雨重现期 5min 降雨强度设计，并不得小于集雨屋面设计重现期降雨强度；
- ② 当不设溢流提升设备时，应采取防止雨水进入室内的措施；
- ③ 雨水蓄水池应设溢流水位报警装置，报警信号引至物业管理中心；
- ④ 雨水收集管道上应设置能以重力流排放到室外的超越管，超越转换阀门宜能实现自动控制。

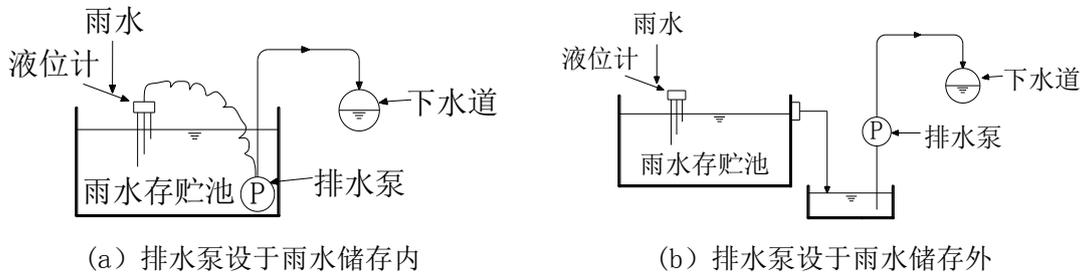


图 2-13 溢流排水方式示意

- 3) 当蓄水池兼作沉淀池时，其进、出水管的设置应防止水流短路；避免扰动沉积物；进水端宜均匀布水。
- 4) 蓄水池应设检查口或人孔，池底宜设集泥坑和吸水坑。当蓄水池分格时，每格都应设检查口和集泥坑。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和排水泵的电 源插座。当采用型材拼装的蓄水池，且内部构造具有集泥功能时，池底可不 做坡度。当不具备设置排泥设施或排泥确有困难时，排水设施应配有搅拌冲洗系统，应设搅拌冲洗管道，搅拌冲洗水源宜采用池水，并与自动控制系统联动。同时，应在雨水处理前自动冲洗水池池壁和将蓄水池内的沉淀物与水搅匀，随净化系统排水将排除沉淀物排至污水管道，以免在蓄水池内过量沉淀。
- 5) 溢流管和通气管应设防虫措施。蓄水池宜采用耐腐蚀、易清洁的环保材料。

2.2.4 雨水罐

(1) 雨水罐也称雨水桶，为地上或地下封闭式的简易雨水集蓄利用设施，可用塑料、玻璃钢或金属等材料制成。

(2) 雨水罐多为成型产品，适用于单体建筑屋面雨水的收集利用。

(3) 以雨水资源利用为主要功能的雨水罐，应必须采用初期雨水弃流装置，弃流装置设计应符合国家相关标准规定和要求。

(4) 以雨水资源利用为主要功能的雨水罐设置与设计还应符合以下规定：

- ① 收集屋面径流宜采用檐沟、天沟和雨落管，瓦屋面应设置接水槽。有条件时，可将雨水贮存设施建在较高位置，易于自流供水；
- ② 应设置检查口，封闭式贮存设施还应设通气设施；
- ③ 溢流管和通气设施应设防虫措施；
- ④ 作为饮用水源的雨水罐的进水管宜延伸到底部，距底板高度宜为 500mm；有条件时，进水管的出口宜设缓流设施，应防止扰动沉积物。

2.3 调节类技术措施

适用于佛山的调节类技术措施主要有调节塘、蓄水池。蓄水池介绍详见

1.2.4. 调节塘的具体内容如下：

概念与构造：调节塘也称干塘，以削减峰值流量功能为主，一般由进水口、调节区、出口设施、护坡及堤岸构成，也可通过合理设计使其具有渗透功能，起到一定的补充地下水和净化雨水的作用。调节塘典型构造如下图所示。

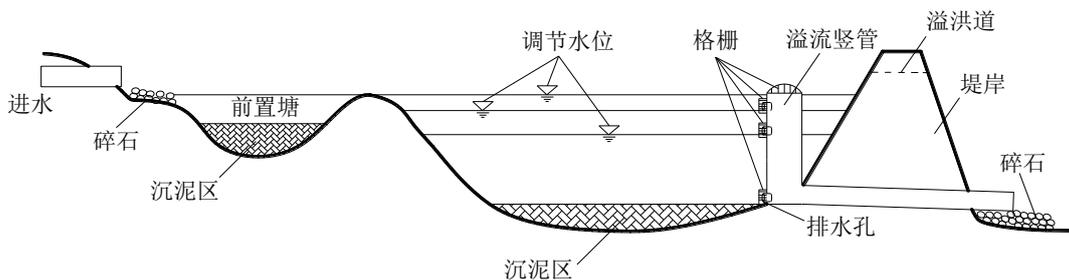


图 2-14 调节塘典型构造示意图

适用范围：适用于建筑与小区、城市绿地等具有一定空间条件的区域。

设计要点：调节塘进水口应设置碎石、消能坎等消能设施，防止水流冲刷和侵蚀；应设置前置塘对径流雨水进行预处理；调节区深度一般为 0.6~3.0 m，塘中可以种植水生植物以减小流速、增强雨水净化效果；塘底设计成可渗透时，塘

底部渗透面距离季节性最高地下水位或岩石层不应小于 1 m，距离建筑物基础不应小于 3 米（水平距离）；调节塘出水设施一般设计成多级出水口形式，以控制调节塘水位，增加雨水水力停留时间（一般不大于 24 小时），控制外排流量；调节塘应设置护栏、警示牌等安全防护与警示措施。

2.4 净化类技术设施

2.4.1 绿色屋顶

概念与构造：绿色屋顶也称种植屋面、屋顶绿化等，根据景观复杂程度和种植基质深度，绿色屋顶又分为简单式和花园式。简单式屋顶只种植草皮、花坛类植物，总厚度比较小，对屋顶负荷要求低，维护比较简单，其主要目的用于景观绿化、降低建筑顶层温度和暴雨管理，简单式绿色屋顶的基质深度一般不大于 150mm。花园式绿色屋顶则种植树木，厚度大，对屋顶负荷要求高，其主要目的是营造屋顶花园，提供休闲场所，花园式绿色屋顶在种植乔木时基质深度可超过 600mm。

绿色屋顶宜包括下列构造：1) 种植物、2) 种植土壤层、3) 透水土工层、4) 排水层、5) 保护层、6) 防渗层。

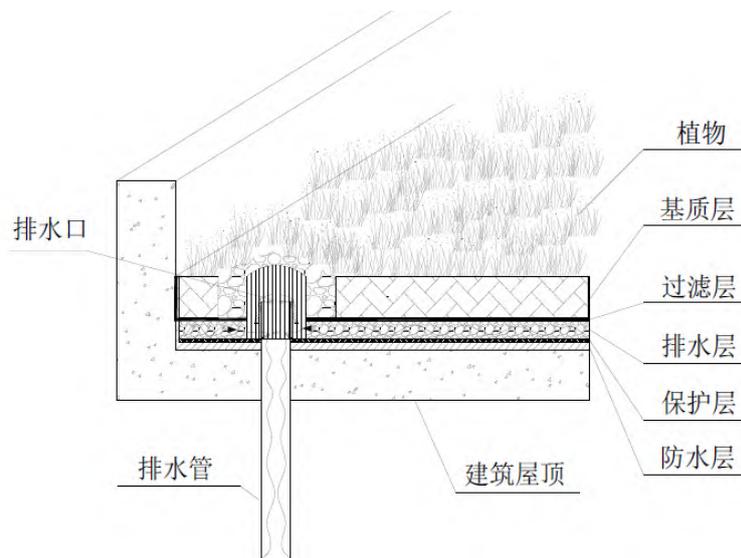


图 2-15 绿色屋顶构造图

适用范围：绿色屋顶适用于符合屋顶荷载、防水等条件的平屋顶建筑和坡度范围在 2%（1°）~15%（8°）的坡屋顶建筑。绿色屋顶的最小坡度要求是为了排水通畅，使得雨水排水方向坡度达到要求；绿色屋顶的最大坡度要求则是为了绿色的稳定。

设计要点:

- 1) 绿色屋顶的屋面静荷载应根据实际需求计算确定, 一般不宜低于 $250\text{kg}/\text{m}^2$, 绿色屋顶的设计可参考《种植屋面工程技术规程》(JGJ155)。
- 2) 绿色屋顶防渗层可按下列要求设置: a) 可采用玻璃纤维、PVC、HDPE、EPDM 等防渗材料; b) 防渗层厚度宜大于 60mm。
- 3) 当植物根系有可能刺穿防渗层时, 应设置保护层, 保护层可按下列要求设置: a) 保护层可采用热塑塑料或者其他满足要求的保护膜; b) 保护层厚度宜大于 30mm。
- 4) 绿色屋顶排水层可按下列要求设置: a) 排水层可采用成品输水板、砾石、陶粒或其他满足要求材料; b) 满足承重要求; c) 排水层厚度大于 30mm; d) 最大排水能力大于 $4\text{L}/(\text{m}\cdot\text{s})$ 。
- 5) 绿色屋顶土工布应采用非编织土工布, 并应满足下列要求: a) 刺穿强度大于 10kg; b) 渗透系数大于 $1\times 10^{-4}\text{m}/\text{s}$; c) 种植土壤通过土工布比例不超过 7%。
- 6) 绿色屋顶土壤层应符合下列要求: a) 土壤层厚度应按照种植物要求确定, 其适宜厚度为 100~250mm; b) 田间持水点时湿度大于 10%; c) 粘土含量小于 1%; d) 最大孔隙率大于 25%; e) 渗透系数大于 $1\times 10^{-5}\text{m}/\text{s}$, 小于 $1\times 10^{-4}\text{m}/\text{s}$; f) pH 值宜为 5.5~7.9 之间。
- 7) 当有平台雨水直接溅落到绿色屋顶时, 应采取措施防止冲蚀种植土壤。
- 8) 绿色屋顶宜选择耐旱又耐淹的草皮、地衣、草本植物。
- 9) 绿色屋顶应设置溢流设施, 溢流设施可采用导流罩或鹅卵石(砾石)槽。
- 10) 绿色屋顶宜采用滴灌或微喷灌系统。
- 11) 绿色屋顶应设置消防措施。

2.4.2 环保型雨水口

概念与构造: 环保型雨水口具有一定污物截流功能的雨水口, 能减少雨水中非溶解性污染物进入管渠系统。典型构造可分为单算、多算等。

环保型雨水口构造图如下。

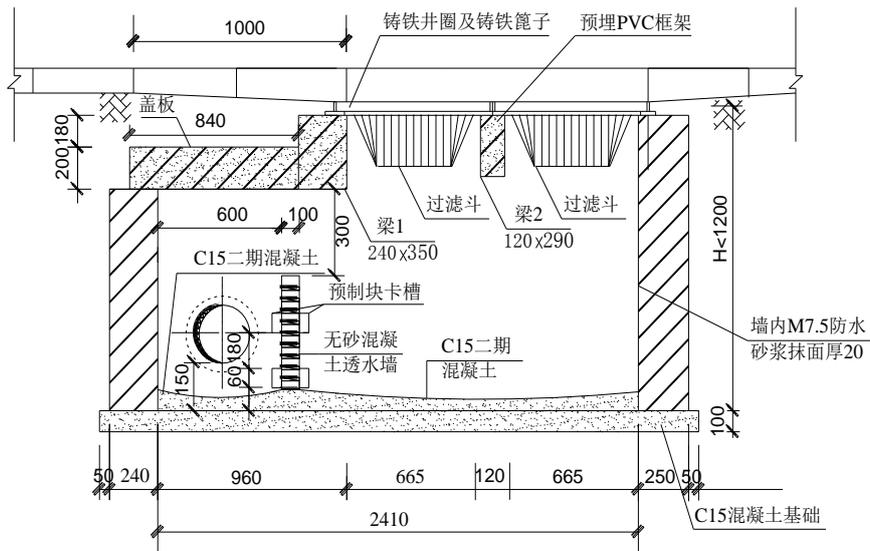


图 2-16 典型环保型雨水口构造图

设计要点：

- 1) 雨水口和雨水连接管流量应为雨水管渠设计重现期计算流量的 1.5~3 倍；道路横坡坡度不应小于 1.5%，平算式雨水口的箅面标高应比周围道路路面标高低 3cm~5cm，立算式雨水口进水处路面标高应比周围路面标高低 5cm。
- 2) 当设置雨下沉式绿地时，雨水口的箅面标高应根据雨水调蓄设计要求确定，且应高于周围绿地平面标高。
- 3) 雨水口应设置沉泥槽，且便于清掏和维护。

2.4.3 植被缓冲带

概念与构造：植被缓冲带为坡度较缓的植被区，经植被拦截及土壤下渗作用减缓地表径流流速，并去除径流中的部分污染物。植被缓冲带典型构造如下图所示。

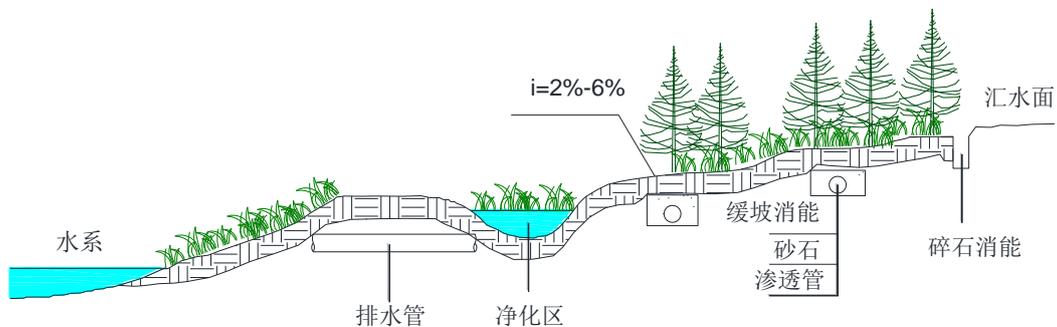


图 2-17 植被缓冲带典型构造图

适用范围：植被缓冲带适用于道路等不透水面周边，可作为生物滞留设施等低影响开发设施的预处理设施，也可作为城市水系的滨水绿化带，但坡度较大(大于 6%) 时其雨水净化效果较差。

设计要点：植被缓冲带坡度一般为 2%~6%，宽度不宜小于 2 m。

2.4.4 生态驳岸

概念：生态性驳岸型式选择需考虑河道尺度、河湖功能、水动力条件、空间位置与占地、地形地质条件、筑堤材料、工期、工程投资、环境影响与景观要求、运行条件等方面，应结合工程现状，通过综合方案比选，选定水系的生态驳岸型式。生态驳岸根据功能及结构形式可分为：生态型台阶驳岸、生态型人工草坡驳岸、生态型亲水驳岸和生态型自然驳岸。

(1) 生态型台阶驳岸

对于防洪要求高、高差大、滨水绿地范围较小的河段，可结合台阶或草坡设置生态型台阶驳岸，不仅满足驳岸的功能需求，同时增加滨水空间的层次感。对于无可入需求的岸线，可根据现状地形、用地范围、空间和视线需求，设置 3~8 级挡墙形成台地，利用台地进行绿化种植，即生态型台阶种植驳岸。对有可入需求、需将城市活动引入河道的河段，可利用台地设置步道及硬质广场，形成丰富的滨水竖向空间体验，即生态型台阶步道驳岸。

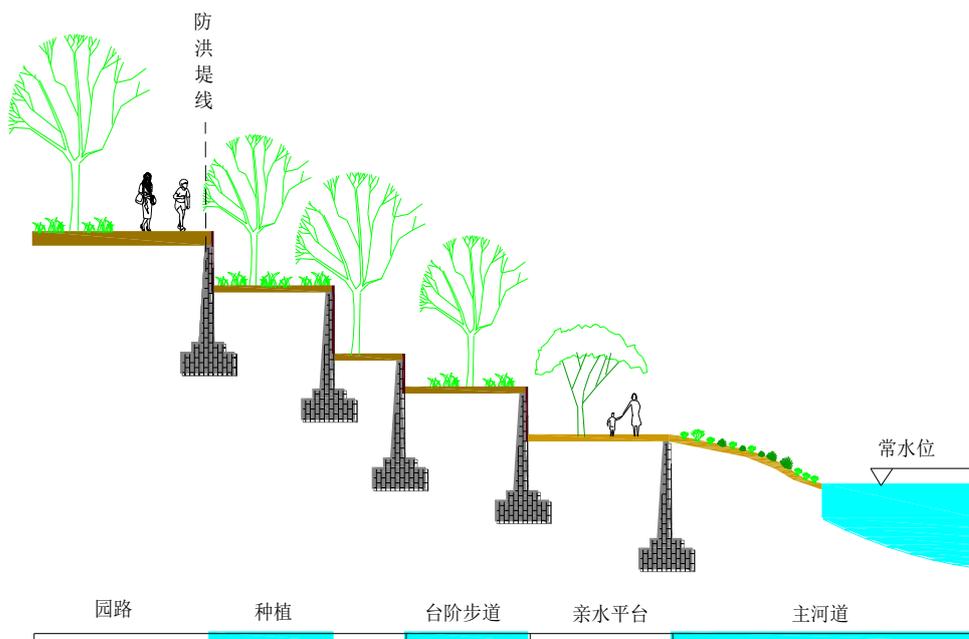


图 2-18 生态型台阶步道驳岸 1



图 2-19 生态型台阶步道驳岸 2

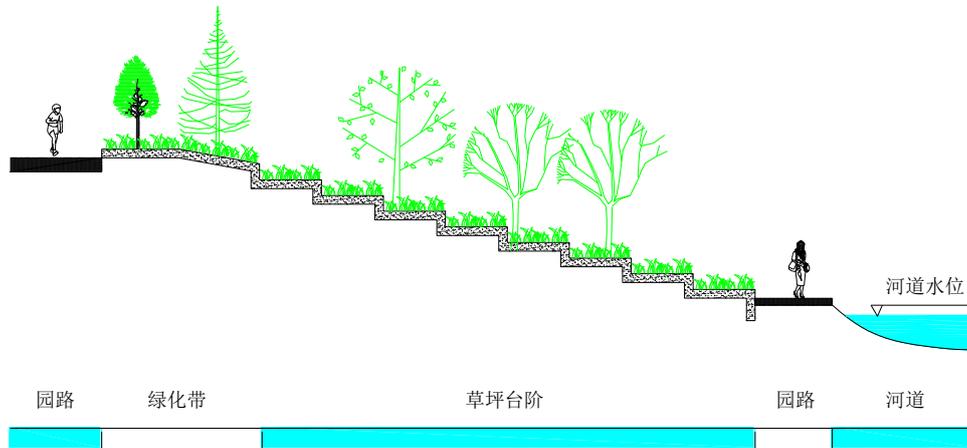


图 2-20 生态型台阶种植驳岸 1

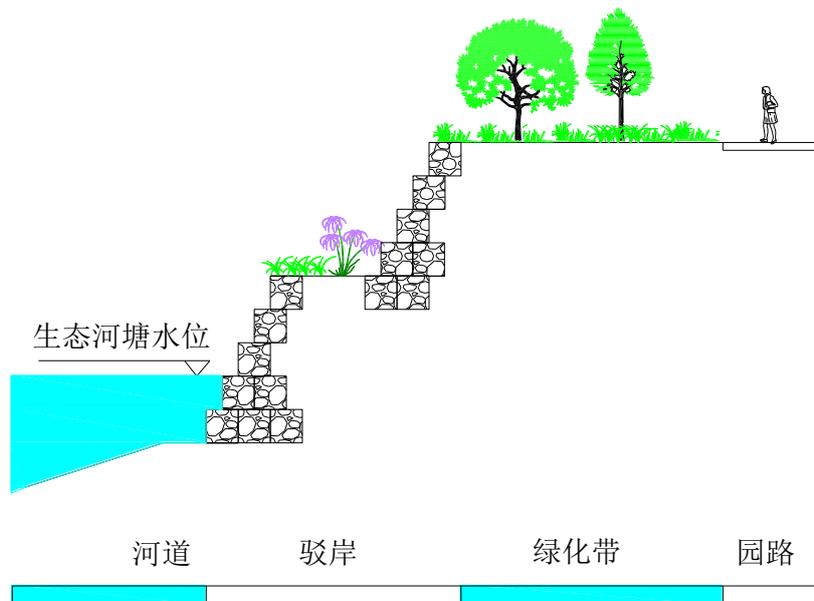


图 2-21 生态型台阶种植驳岸 2

(2) 生态型人工草坡驳岸

可采用较缓的坡度，将土壤按每层厚 25~30cm 逐层夯实，选择适合滨水缓坡生长的植物。在常水位以下种植水生植物，常水位以上至高出常水位 50cm 处种植低矮耐水湿地被植物，形成人工草坡驳岸。防洪水位以上可种植灌木及乔木等。

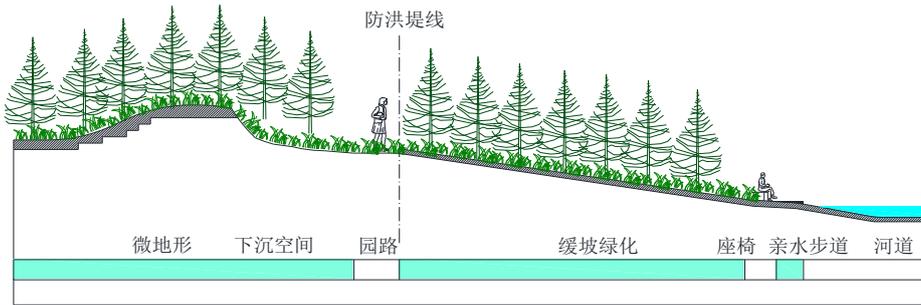


图 2-22 生态型人工草坡驳岸

(3) 生态型亲水驳岸

对于服务人群较密集、水面景观较好的河段，通常在常水位以上设置观景栈道和亲水平台，来丰富河道的城市活动，并增加人与河的互动交流。生态型亲水驳岸包括生态型亲水平台和亲水栈道两种驳岸形式。

对于服务人群较密集、水面景观较好的河段，通常在常水位以上设置观景栈道和亲水平台，来丰富河道的城市活动，并增加人与河的互动交流。主要的亲水设施包括：栈道、栈台、入水台阶、汀步、漫水桥等。

一般按景观水位将堤岸断面分为水上和水下两部分：水上部分，以缓边坡为基本形态，可在景观水位以上 0.2 m~0.5m 处设亲水平台，亲水平台以上以 1:3~1:10 的缓坡与设计堤顶相连接；水下部分，在景观水位以下 0.2 m~0.5m 处设一定宽度的浅水区，以保证游人安全，而且利于净水植物的种植和生长，浅水区到河底之间由 1:5~1:10 的缓坡过渡。

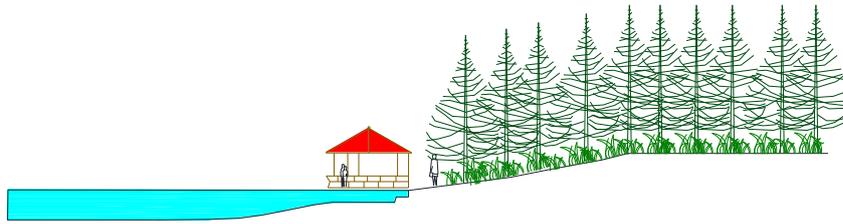


图 2-23 生态型亲水驳岸 1

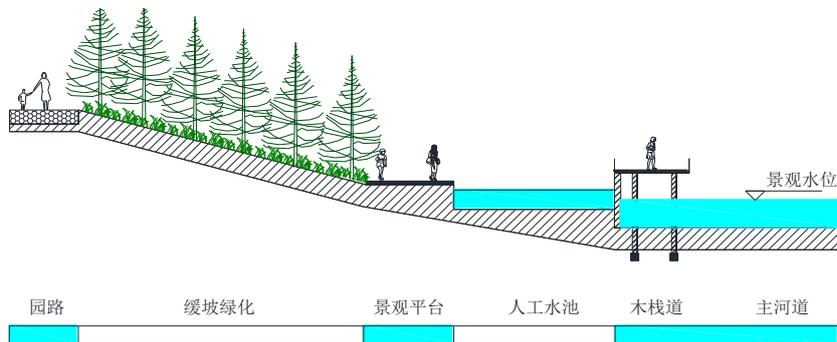


图 2-24 生态型亲水驳岸 2

(4) 生态型自然驳岸

对于坡度较缓或滨水绿地空间较充足的河段，在水流流速较小，满足抗冲要求的前提下，可以考虑保持河道的自然状态，运用种植固坡的方法达到河岸稳定的目的，在河道外侧、绿线控制范围以内设置园路，提高河道的可达性。同时引入适当的城市活动，以提高河道水活力。生态型自然驳岸包括生态型自然林地和自然湿地两种驳岸形式。自然林地驳岸需结合现状良好植被，充分保留有价值林地，在满足防洪要求的前提下，结合护坡形成自然林地驳岸。自然湿地岸线通常设置在强调自然生态功能的河段，结合生态岛设计为临河浅水湿地区，形成陆地与水系之间可渗透的物质交换界面。湿地驳岸与种植措施结合较紧密，种植设计需考虑水深、各湿地塘的功能、与亲水设施的关系及观赏效果，选择适应性强的水生植物。

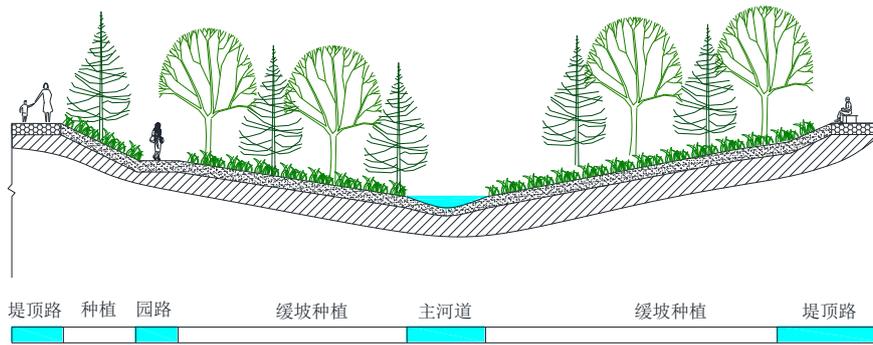


图 2-25 生态型自然林地驳岸

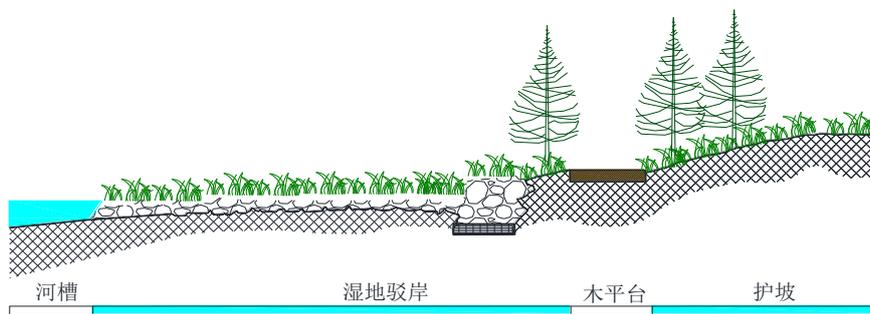


图 2-26 生态型自然湿地驳岸

2.5 转输型技术设施

转输型技术设施含植草沟、渗管/渠等，地下水位较高区域较适用的为植草沟。植草沟详见以下内容：

概念与构造：植草沟指种有植被的地表沟渠，可收集、输送和排放径流雨水，并具有一定的雨水净化作用，可用于衔接其他各单项设施、城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统。除转输型植草沟外，还包括渗透型的干式植草沟及常有水的湿式植草沟，可分别提高径流总量和径流污染控制效果。转输型三角形断面植草沟的典型构造如下图所示。

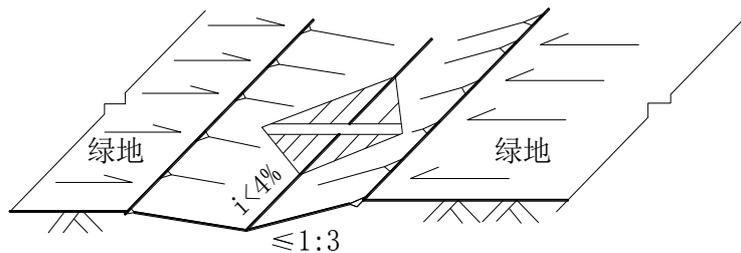


图 2-27 转输型植草沟典型构造图

适用范围：植草沟适用于建筑与小区内道路，广场、停车场等不透水面的周边，城市道路及城市绿地等区域，也可作为生物滞留设施、湿塘等低影响开发设施的预处理设施。植草沟也可与雨水管渠联合应用，场地竖向允许且不影响安全的情况下也可代替雨水管渠。

植草沟不应建造在下列场所： a) 容易发生坍塌、滑坡灾害的危险场所； b) 自重湿陷性黄土、膨胀土和高含盐等特殊土壤地质场所

设计要点：

- 1) 植草沟应采用重力流排水；应根据各汇水面的分布、性质和竖向特征，均匀分配径流量，合理确定汇水面积。竖向设计应进行土方平衡计算；植草沟的布置应和周围环境相协调。
- 2) 植草沟的设计参数应符合下列规定：浅沟断面形式宜采用倒抛物线形、三角形或梯形；植草沟的边坡坡度不宜大于 1:3；植草沟的纵坡不宜大于 4%；植草沟最大流速应小于 0.8 m/s，曼宁系数宜为 0.2~0.3；转输型植草沟内植被高度宜为 100mm~200 mm。植草沟的设计参数应考虑当地的地理条件、汇水范围、降雨特点和内涝防治设计标准等因素综合确定。选取植草沟坡度和设计流速时，应避免对植被和土壤形成冲刷。
- 3) 植草沟的水力计算方法和普通明渠相同。其设计流量，应按下式计算：

$$Q = \frac{1}{n} A_h R^{0.667} i^{0.5}$$

式中：

Q ——设计流量 (m³/s)；

A_h ——横断面面积 (m²)；

R ——横断面的水力半径 (m)；

i ——纵向坡度；

n ——粗糙系数。

- 4) 植草沟的水力计算方法和普通明渠相同。采用上述公式) 时，应验算植草沟过水断面的平均流速，保证其满足最大流速要求。

- 5) 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。消能设施可由卵石、碎石或混凝土砌块等构成，避免雨水径流对坡底形成冲刷。
- 6) 当植草沟的纵向坡度大于 4%时，宜设置为阶梯型植草沟或在其横断面设置节制堰或消能挡板。节制堰宜由卵石、碎石或混凝土等构成，以延缓流速。堰顶高度应根据植草沟的设计蓄水量确定。

3 技术资料三 模型技术的应用

SWMM 为其他所有模型的核心软件。SWMM 最早是在美国 EPA 的资助下，由梅特卡夫有限公司、水资源工程师有限公司和佛罗里达大学三家单位组成的联合体开发而来。经过几十年的发展升级，SWMM 已经升级至 5.1 版本。在 Windows 下运行，SWMM5.1 提供了一个宽松的综合性环境，可以对所研究区域输入的数据进行编辑，模拟水文、水力、水质情况，以多种形式对结果进行显示，包括排水区域的彩色编码、输水系统图、时间序列曲线和图表、剖面图，以及统计频率分析等。5.1 版本新增加的 LID 模块，能实现 LID 对排水系统的影响效果评估，LID 对暴雨径流滞留与径流污染控制效果评价，以及 LID 设施结构尺寸的设计等方面的功能。该版本模型的开发，也成为其他水文模型软件进行 LID 模拟的核心。

最新版本的 SWMM 5.1 能够直接模拟 LID 控制单元的水文效应。根据 LID 控制设施垂直方向上不同层次结构，LID 模块提供了生物滞留单元、透水铺装、渗渠、雨水桶、植被草沟等 5 种类型的 LID 技术。雨水花园、绿色屋顶、下沉式绿地、植被过滤带、渗透井管等典型的 LID 设施均可直接进行模拟或通过参数的变换进行模拟。根据汇水区垂直方向上不同土层性质，通过降雨、蒸发、滞留、下渗、过滤等水文过程模拟 LID 控制单元的水文效应，结合 SWMM 模拟的水力与水质模块，实现 LID 设施对汇水区域径流量、径流峰值流量、汇流时间以及径流污染削减效果的模拟。

3.1 模型技术意义

模型技术的应用是海绵城市规划设计中至关重要的核心内容。水文数学模型是对自然界中复杂水循环过程的近似描述，是研究水文循环和水资源的重要工具，是城市水文循环分析与城市排水系统辅助管理与设计的有效手段。有效的模型软件可为海绵城市建设工程应用提供设计指导。通过数学模型软件的模拟，能够使海绵城市建设的规划设计和应用更加有效，并且模型的模拟结果还能够用于规划设计方案评估、决策、教育和政策研究，为规划设计方案的调整和优化提供理论性的指导。

3.2 常用模型介绍

目前，国内外应用最为广泛的相关模型有：MIKE Urban CS、SUSTAIN、SWMM。

(1) Mike Urban CS

Mike Urban CS 是丹麦 DHI 公司开发的城市排水管网模拟商业软件。该模型引进了 ESRI 地理信息数据库技术，整合了城市 GIS 与管网建模技术。模型中包含了 DHI 自主研发的 MOUSE 模型和美国 EPA 开发的 SWMM 模型。两个软件包都配置了先进而完整的前后处理编辑工具，并且和 MIKE Urban 的 GIS 界面做到了完全的整合，是的该模型具备了 GIS 的数据管理功能。MIKE Urban CS 主要包含了 3 大模块，即降雨径流模块、水动力学模块和实时监控模块。

(2) SUSTAIN

SUSTAIN 是美国 EPA 为暴雨管理进行 BMP 规划而开发的一个决策支持系统，其基于 ArcGIS 的为平台，从费用和效率两方面，针对不同尺度的流域进行 BMP 的开发、评估、选择和设置，从经济、环境和工程角度为管理措施的评估提供了一个全面实用的评估。SUSTAIN 在 GIS 的平台下，整合了框架管理、BMP 布局、土地模拟、BMP 模拟、传输模拟、优化和后处理程序 7 大模块。

(3) SWMM

SWMM 系列软件是基于美国 EPA 开发的 SWMM 的源代码以及 GIS 强大的数据管理功能进行二次开发整合而成，其核心皆为 SWMM。

3.3 模型在规划阶段的应用

3.3.1 年径流总量控制率的分析及分解

1、适用范围

在海绵城市规划阶段（控制性详细规划层面），需要将上层次确定的年径流总量控制率逐层分解到地块，纳入“一书两证”审核范围。这一过程需要利用模型工具，实现城市用地分类、海绵设施选择与匹配、设施开发强度及关键参数控制、大量方案自动采样计算、可行方案自动筛选等核心功能，对选定方案进行地块级的参数调整优化，自动计算调整后的地块指标和总体控制目标。确保海绵城市的总体控制目标有效分解到各个地块。

2、控制指标的模拟分解与优化流程

模拟系统利用地理信息系统（GIS）的空间分析功能，确定城市规划范围各地块的用地类型及面积比例，通过设置不同土地利用类型的低影响开发设施规模和开发强度指标，以城市年径流总量控制率为约束条件，采用蒙特卡洛随机抽样法，进行不同指标参数随机组合，形成百万个组合方案，按照《指南》的技术要求，基于各个地块的抽样参数自下而上的汇总计算，得到对应方案的总体控制目标，筛选出满足年径流总量控制率要求的有效方案集合，由规划设计人员通过对比，进行方案优选，并选择适宜方案对各个地块的具体指标进行调整优化，获得最终规划方案，为海绵城市建设中低影响开发设施的空间布局提供依据。控制指标的模拟分解与优化流程见下图。

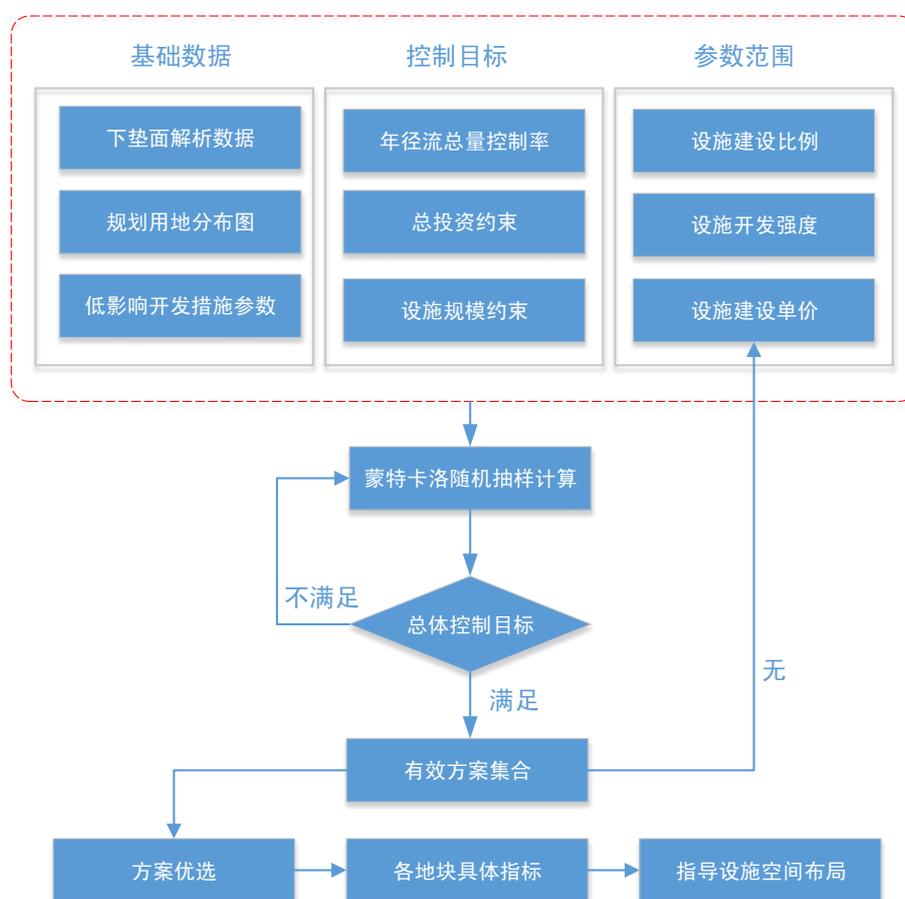


图 3-1 控制指标的模拟分解与优化流程图

3、应用案例——以佛山市禅城区绿岛湖某区域为例

(1) 区域概况

佛山市禅城区绿岛湖某区域拟编制海绵城市专项规划（控制线详细规划层面）。规划范围南至季华路，西至佛山一环，北、东至东平河，规划面积 6.1 平方公里，规划区土地利用规划图及规划用地统计表如下图、下表所示：

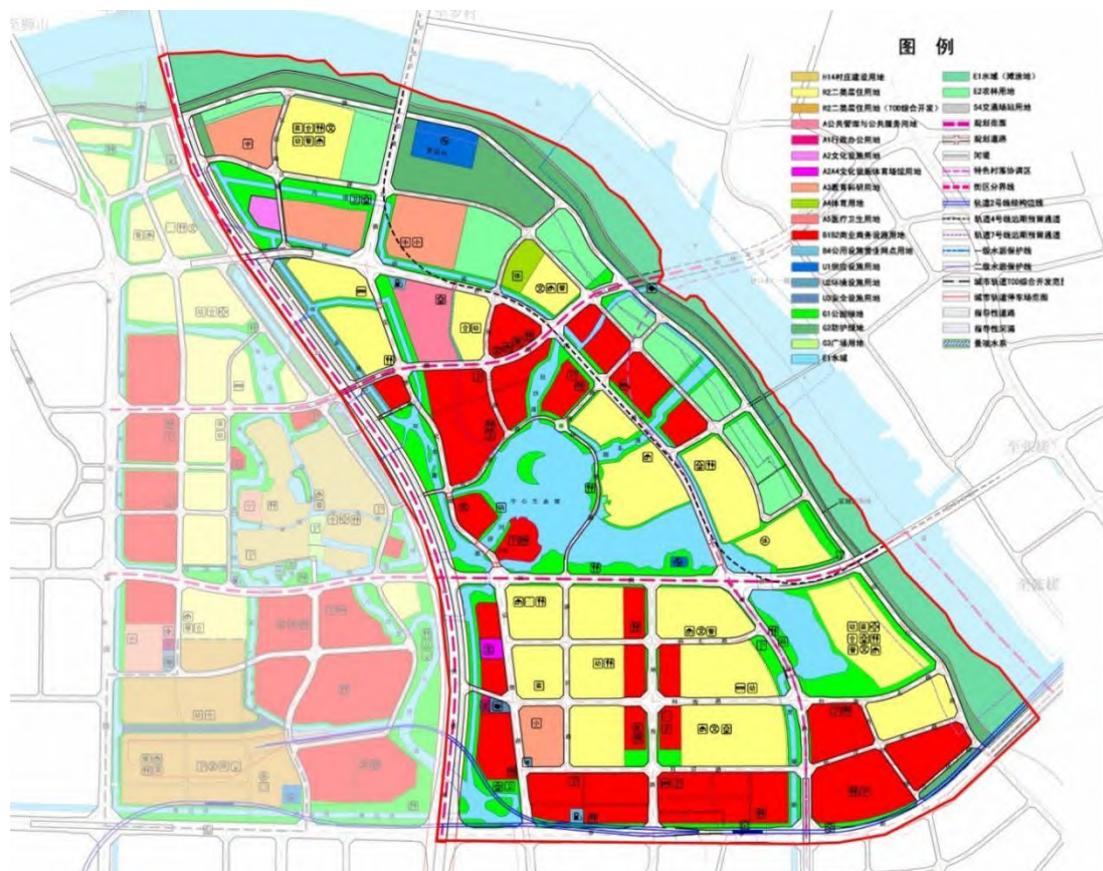


图 3-2 片区土地利用规划图

表 3-1 片区规划用地统计表

序号	用地代码		用地名称	面积（公顷）		占建设用地比例（%）		占总用地比例（%）	
	R	A							
1	R	R2	二类居住用地	120.21	120.21	25.02%	25.02%	19.71%	19.71%
2	A	A	公共管理与公共服务用地	6.27	34.24	1.31%	7.13%	1.03%	5.61%
		A1	行政办公用地	0.27		0.06%		0.04%	
		A2	文化设施用地	1.49		0.31%		0.24%	
		A2A4	文化设施体育场馆用地	0.8		0.17%		0.13%	
		A3	教育科研用地	23.11		4.81%		3.79%	
	A4	体育用地	2.3	0.48%	0.38%				
3	B	B1B2	商业商务设施用地	94.43	95.07	19.66%	19.79%	15.48%	15.59%

序号	用地代码		用地名称	面积（公顷）		占建设用地比例（%）		占总用地比例（%）	
		B4	公用设施营业网点用地	0.64		0.13%		0.10%	
4	S	S1	城市道路用地	132.75	132.75	27.63%	27.63%	21.76%	21.76%
5	U	U1	供应设施用地	4.26	4.78	0.89%	0.99%	0.70%	0.78%
		U2	环境设施用地	0.09		0.02%		0.01%	
		U3	安全设施用地	0.43		0.09%		0.07%	
6	G	G1	公园绿地	55.42	93.36	11.54%	15.30%	9.09%	15.30%
		G2	防护绿地	37.94		7.90%		6.22%	
建设总用地				480.41		100%		78.76%	
8	E	E1	水域、滩涂	99.53	99.53	----	----	16.32%	
		E2	农林用地	30.06	30.06	----	----	4.93%	
9	规划总用地			610.00		----	----		

注：E1 水域不包括东平水道水域，但包含东平水道滩涂用地，面积为 40.99 公顷。

（2）模型搭建

采用 SWMM 模型进行计算。由于年径流总量控制率为建筑小区、市政道路、公园绿地等建设项目雨水径流源头控制的主要指标，因此，模型不包含水体、滩涂等不属于年径流总量控制率适用范畴的地块。

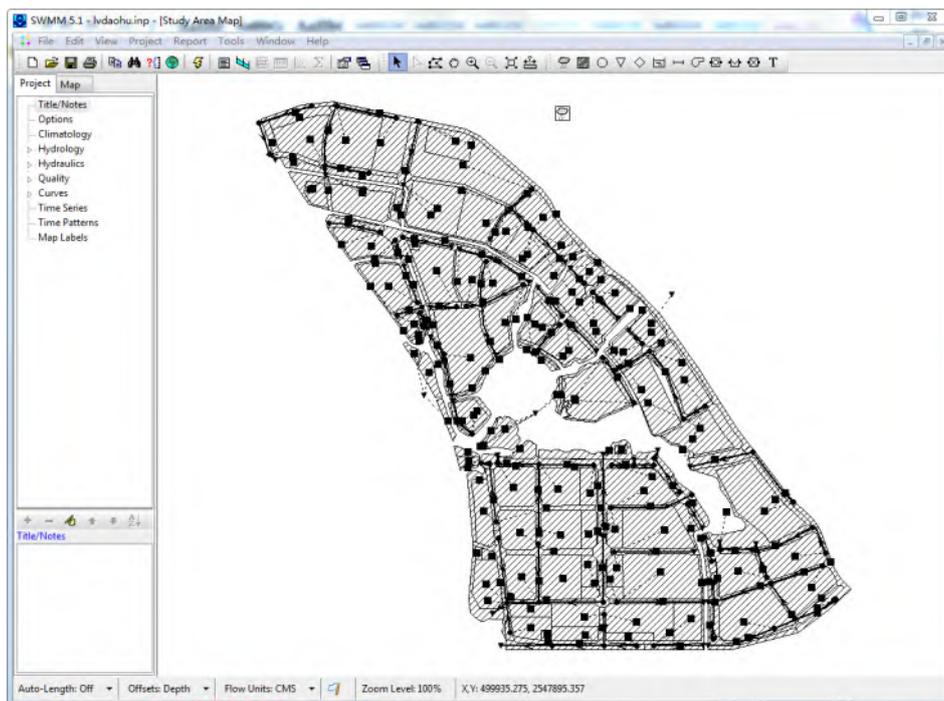


图 3-3 片区 SWMM 模型界面

本次模型构建以地块、市政道路为汇水区构建 SWMM 模型，便于开展指标的分解，模型构建面积约 4.37km²，汇水区 230 个，管段 86 段，节点 133 个，如上图所示。

(3) 年径流总量控制率指标分解思路

通过采用低影响开发建设模式，在各类建设项目中合理布局低影响开发设施，从而实现各类建设项目年径流总量控制率控制目标，进而实现试点区域总体目标。

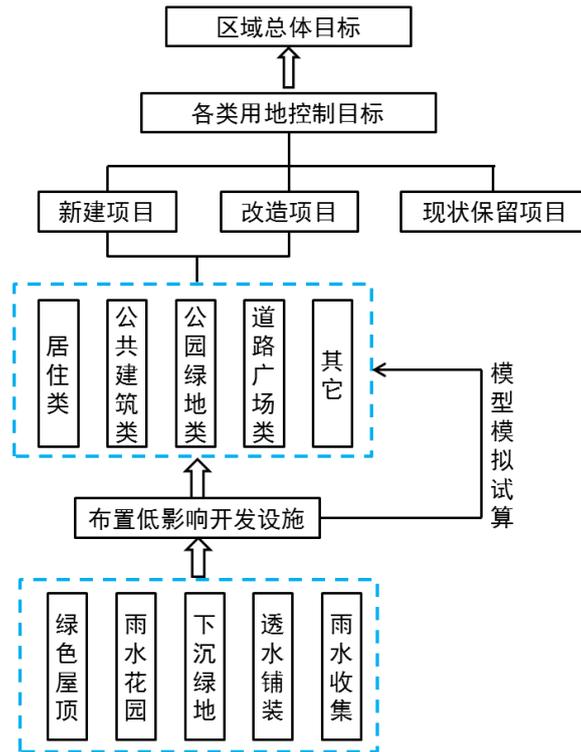


图 3-4 年径流总量控制率目标分解流程

年径流总量控制率目标分解流程如上图所示，在将年径流总量控制率指标分解到地块时，本次规划依据地块的用地类型和建设状态进行了分类处理，具体流程如下。

① 地块划分

按照地块规划及现状建设情况将地块先分为新建项目、改造项目以及现状保留项目。其中，新建项目和改造项目为开展径流控制的重点项目，现状保留现状则不作为径流控制建设项目。在每个类别中，再依据各地块的用地性质，将地块分为居住类、公共建筑类、道路广场类、公园绿地类等。

② 初次设定年径流总量控制目标

在地块分类的基础上，初次设定各个地块的年径流总量控制率目标。其中，新建项目目标设定较高，改造项目目标设定较低。

③布置低影响开发设施

基于地块设定的目标，根据各类用地的下垫面分布特点（建筑屋面、绿地、铺装等），布置绿化屋顶、下沉式绿地、透水铺装等低影响开发设施。基于 SWMM 模型，模拟评估布置的低影响开发设施是否满足地块目标，并优化设施布置。

④调整径流控制目标。

基于构建的片区 SWMM 模型，模拟评估各类型地块初步设定的目标是否达到区域径流控制总体目标。如果不达标则反复调整和优化后，得到各地块的合理的年径流控制目标

⑤模型输出

经模型模拟评估并优化后，得到各个地块的年径流总量控制目标，作为各地块控制刚性指标，从而实现年径流总量控制率目标分解。而各地块的低影响开发设施比例则作为各地块开发建设时的指引性指标。

（4）区域年径流总量控制率目标确定

1) 开发前及常规开发评估

绿岛湖片区开发前为农田、裸土、杂草地，以横三路南侧未开发地块为例，构建 SWMM 模型，评估绿岛湖片开发前的自然水文状态，结果如下所示。

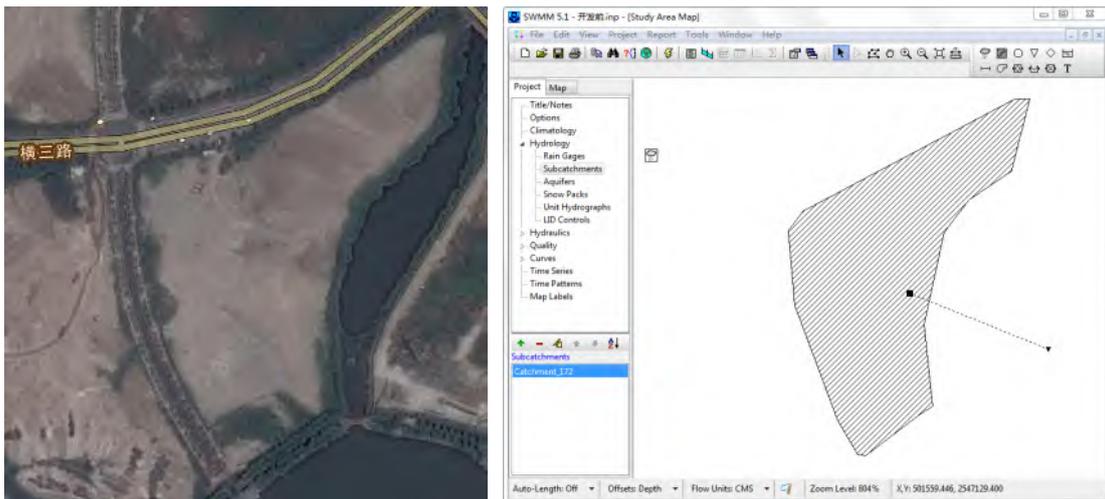


图 3-5 开发前 SWMM 模型构建

经模拟评估，片区现状自然水文本底较好，全年降雨中大部分的雨水能自然入渗补充地下水，年雨量径流系数为 0.255，对应年径流总量控制率为 74.5%。

综合考虑片区现状建成度、城市规划、降雨特征等因素，片区海绵城市建设目标为开发后的年径流总量控制率目标不低于 75%。

表 3-2 区域开发前自然水文模拟结果

总降雨量 (mm)	总蒸发量 (mm)	总入渗量 (mm)	径流量 (mm)	年径流总量控制率 (%)
2091.10	104.98	1481.435	533.83	74.5%

构建常规开发下 SWMM 模型，模拟评估常规开发后的自然水文状态，结果如下表所示。传统开发模式下，由于地表有一定的洼蓄量，在蒸发、下渗等水文循环作用下，具有一定的年径流总量控制率，其径流总量控制率约在 35%左右，自然本底水文循环遭受严重破坏，需要通过海绵城市建设模式，加强径流控制，恢复自然水文。

表 3-3 常规开发模式下水文模拟结果

总降雨量 (mm)	总蒸发量 (mm)	总入渗量 (mm)	径流量 (mm)	年径流总量控制率 (%)
2091.10	197.67	529.06	1364.87	34.8%

2) 指标分解过程分析

以居住地块为例，举例说明地块指标分解过程。一般情况下，居住用地下垫面构成为绿地占 30%，建筑占 30%，道路及铺装占 40%。

以下沉式绿地率，绿色屋顶率，透水铺装率，不透水下垫面径流控制比例为指引性指标，采用下沉式绿地，雨水花园，透水铺装等设施，根据下表所示比例在 SWMM 模型中进行赋值。

表 3-4 居住地块低影响开发设施赋值比例

低影响开发控制指标	比例	LID 设施	比例	占地块比例
下沉式绿地率	60%	下沉绿地	30%	9.0%
		雨水花园	30%	9.0%
绿色屋顶率	--	--	--	--
人行道、停车场、广场 透水铺装率	90%	透水铺装（透水基础）	45%	18%
		透水铺装（不透水基础）	45%	18%
不透水下垫面径流控制比例	60%	--	--	--

在 SWMM 中模拟计算，评估该赋值比例情况下的年径流总量控制率，如下表所示。同时，可反复调整赋值比例，从而得到对应的年径流总量控制率结果。

表 3-5 居住地块年径流总量控制率评估表

总降雨 (mm)	总蒸发量 (mm)	总入渗量 (mm)	总径流量 (mm)	年径流总量控制率
2091.10	603.50	957.90	537.27	74.3%

采用以上赋值及模拟方法，初步对其它类型用地进行赋值，确定各类用地的年径流总量控制率目标，基于已经构建的片区 SWMM 水文模型，模拟评估区域总体目标。如不达标，则反复调整各类用地低影响开发赋值比例，模型试算直至达到区域总体目标，从而实现指标分解至各个地块及市政道路。

(3) 指标分解结果

根据以上思路，经模型反复调整和验证，片区年径流总量控制率目标达到 75%，各类地块年径流总量控制率指标分解如下表所示。

表 3-6 规划区年径流总量控制率指标一览表

建设类型	土地利用类型	用地代码	年径流总量控制率	设计降雨量 (mm)
新建项目	居住用地	R	75%	31.6
	公共管理及公共服务设施用地	A	78%	35.2
	商业服务业设施用地	B	75%	31.6
	公用设施用地	U	50%	14.1
	公园绿地	G1	85%	46.8
	防护绿地	G2	85%	46.8
	农林用地	E	90%	61.5
	主干道	S	62%	20.7
	次干道		58%	18.3
支路	50%		14.1	
改建项目	居住用地	R	70%	26.7
	商业服务业设施用地	B	70%	26.7
	公用设施用地	U	40%	10
	公园绿地	G1	80%	38
	主干道	S	59%	18.8
	次干道		55%	16.6
支路	40%		10	

其中，对于新建项目，严格执行较高的年径流总量控制率目标，尤其对绿地等自然本地条件较好的建设用地；对于改建项目，考虑到改造的难度，年径流总

量控制率目标稍低于新建项目。各个地块及市政道路年径流总量控制率分布图如下图所示。

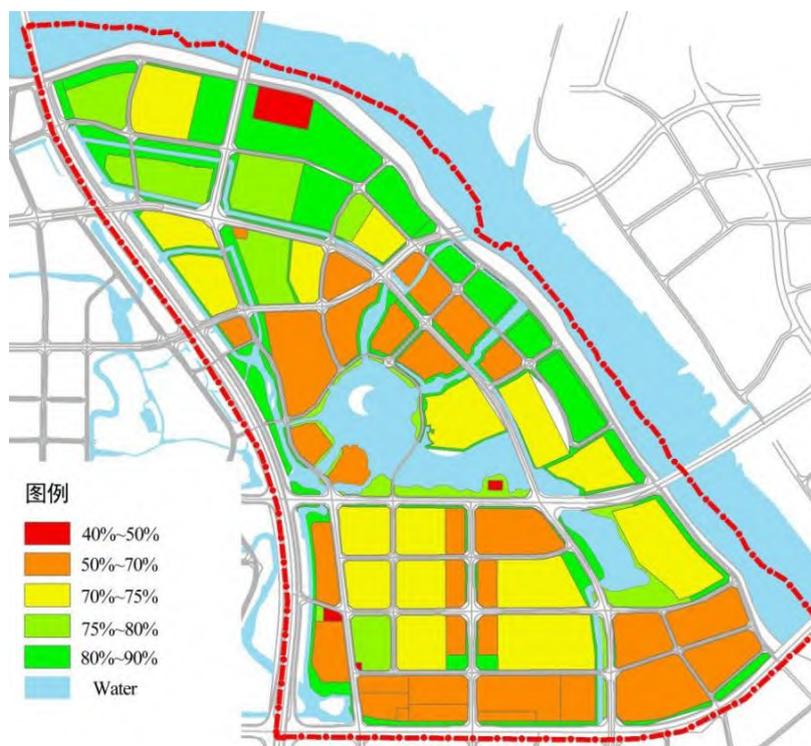


图 3-6 地块年径流总量控制率控制指标分布图

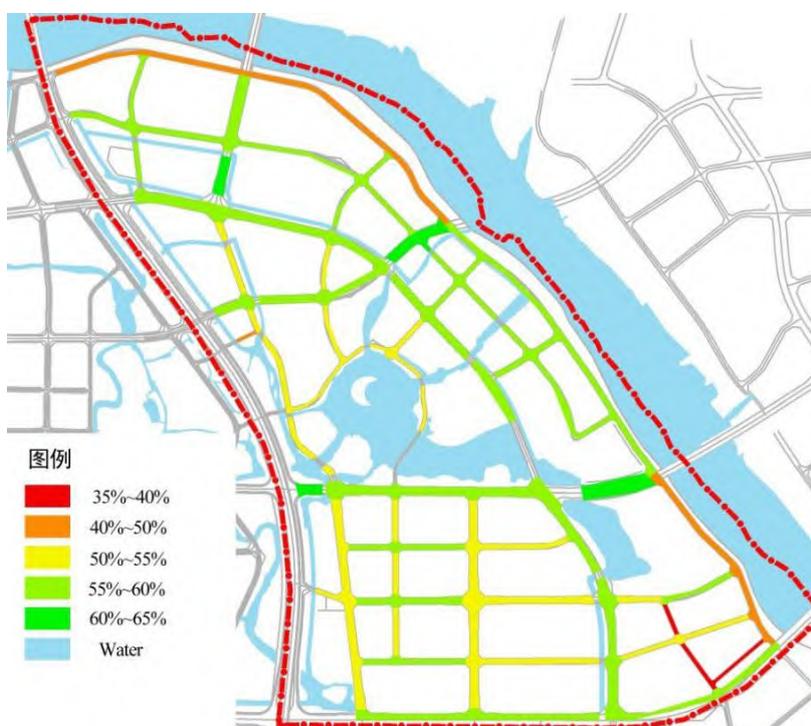
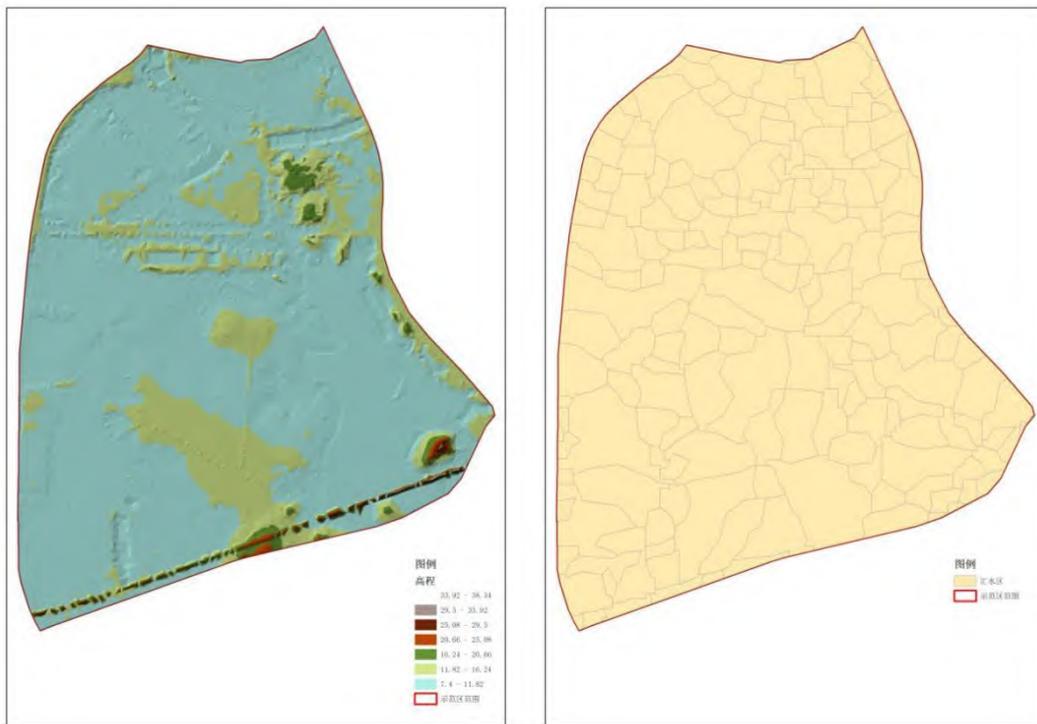


图 3-7 市政道路年径流总量控制率控制指标分布图

3.3.2 规划方案制定及优化

在规划阶段，首先可以利用模型对现状进行评估，模拟计算研究区的的年降雨量径流系数，并计算年径流总控制率，通过模拟计算值和《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建（试行）》中所属分区的年径流总量控制率进行对比，可分析该区域海绵城市建设目标的可达性。

如在某新区的海绵城市实施方案规划过程中，由于该区域基本处于未开发状态，分析该区域的产汇流规律具有代表性，依据该区域的年降雨量径流系数得出年径流总控制率。利用 GIS 空间地理数据分析技术，对区域所在汇水区域地形和下垫面进行分析，利用模型软件构建该流域水文模型，产汇流参数通过已有的现状地形数据、下垫面数据和土壤数据等获取。共将该流域划分为 105 个子汇水区，如下图所示。



(a) 规划范围地形分布图

(b) 规划范围汇水区划分图

图 3-8 规划范围地形及汇水区划分情况

降雨和蒸发条件按气象局提供的 2011-2013 逐日数据输入。模型模拟结果显示，该区域近三年雨量径流系数为 0.21、0.17、0.16，其对应的降雨径流控制率分别为 79%、83%、84%。考虑到该新区开发后的径流量接近于开发前的径流量，

结合老城区低影响开发改造的进行，将示范区年径流总量控制率确定为 80%，具有合理性和可行性。

针对已有的规划设计方案也可采用模型进行进一步的评估及优化。由于规划设计的评估优化是一项复杂的系统工程，与区域特性关联度极大，且具有较高的弹性度，需根据区域的开发现状、用地特征、地质地形、交通动线等进行调整。因此，在方案设计过程中，需要充分收集研究区域的各项相关资料，并进行综合分析判别，找出适用的措施及适建区域，完成具体措施的选型、布局与规模设计后，利用模型模拟技术进行方案的评估和最终确定。具体规划流程见图。

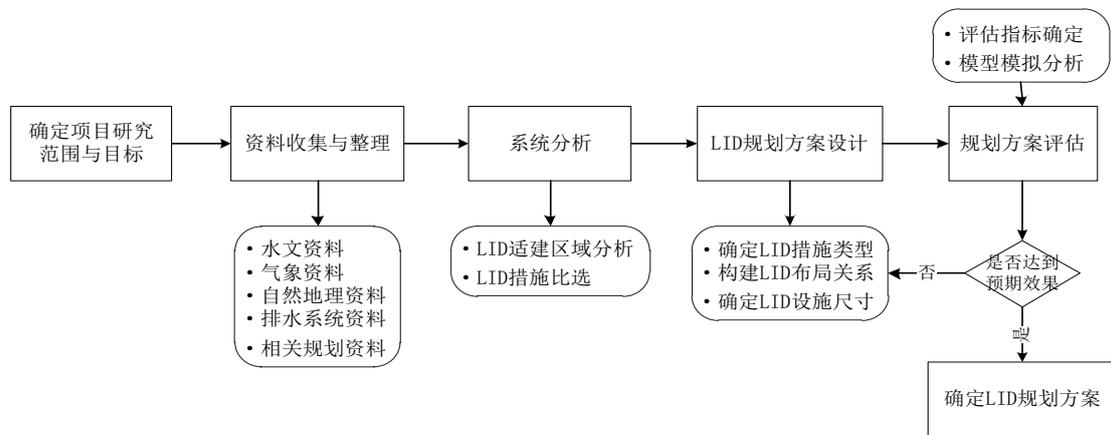


图 3-9 规划设计优化流程图

在选取适用的低影响开发措施及拟建范围后，进行详细的方案设计，如措施组合方式、尺寸规模、数量等，形成适合的设施布局方案。结合模型模拟技术对初步设计方案进行调整、评估、优化，并对方案洪涝控制、污染控制、雨水利用、经济成本等主要方面所能达到的效果进行定量分析，最终确定最符合设计目标的设计方案。

3.4 模型在设计阶段的应用

3.4.1 项目设计方案制定及优化

某小区总面积约为 830 公顷，属于典型的工业区，下垫面主要由绿地、道路、屋顶、广场四种类型构成，各占 52%、18%、16%、12%。区内地势坡度较大，西北高，东南低，降雨径流主要通过排水管网排出，小部分通过绿地下渗补充地下水。

利用模拟系统构建该区域模型，见图，并基于 GIS 的空间分析功能划分子汇水区，共包括 92 个子汇水区、109 个节点和 108 根管道，出口为渠道重力出流。

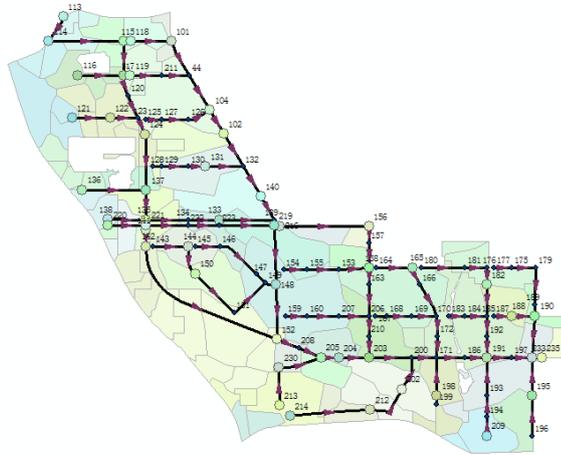


图 3-10 实验小区模型概化示意图

依据研究区域总体规划需求，充分考虑区域现状、地形特征、水文条件等，方案确定以增强降雨下渗和景观美化为主，尽量通过改造绿地实现。按照低影响开发措施比选方案，分析研究区域内可采用的工程措施的特点及可能的应用场合，结果如表 6-2。针对不同类型的下垫面性质，对相应的措施改造比例进行了设置，其中 18%的绿地面改造为下沉式绿地和雨水花园、10.8%的建筑屋面改装为屋顶绿化、60%的广场铺装改造为透水铺装、60%的道路绿化改造为渗透沟。

表 2-7 LID 措施特性评价

主要 LID 措施	占地 面积	土壤 渗透性	地下 水位	地形 坡度	水量 削减	洪峰 削减	污染 削减	费用	清洁维 护需求
下沉式绿地	中	高	低	小	高	高	中	低	周期性
雨水花园	中	高	低	小	高	中	高	中	低
屋顶绿化	小	无关	无关	无关	高	高	中	较高	低
透水铺装	小	中	无关	小	高	高	高	中	高
渗透沟	大	高	低	小	中	中	中	低	高

排水系统出水口的流量过程线图如图所示，规划方案实施前，1 年一遇 120 min 暴雨情景下的总入流量达到 14.2 万 m³，洪峰流量约为 20.9 m³/s，而在相同降雨条件下，LID 方案实施后的流量曲线变得相当缓和，总入流量为 2.03 万 m³，相比降低 85.7%；洪峰流量仅为 3.32 m³/s，削减率达 84.1%，且洪峰出现时刻延滞 90min。LID 改造可以显著降低地表降雨径流量，实现增强降雨下渗的目标。

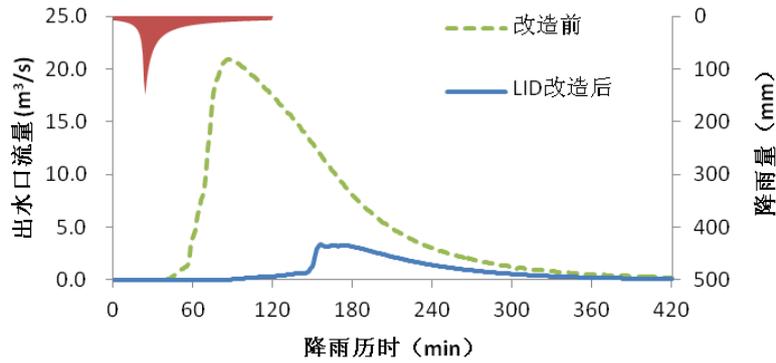


图 3-11 LID 方案实施前后出水口流量过程线图

在实际应用中，还应考虑系统对不同雨型的反应，管网系统可承受多大强度的降雨等，从而综合做出低影响开发措施实施效果的评价。

3.4.2 项目设计方案评估

由于规划给定了控制目标和具体指标，但是在建设过程中随着建筑方案的落实确定，透水面、不透水面之间的衔接关系，竖向高程系统等都会影响最终海绵城市措施实施后的效果。可利用模型构建设计方案下的小区海绵城市评估模型，评估设计方案是否达到了规划要求，如果没有达到规划要求，可进行必要的调整，直至满足要求。通过模型软件中的排水管网建模功能、低影响开发设施参数设置功能、动态模拟分析功能等，实现对海绵城市规划方案制定、制图、计算、模拟、评估和优化提供技术支持，从而提高海绵城市规划方案规划和管理的效率和水平，降低不合理的工程费用，为海绵城市规划提供强有力的技术支持。如下图所示。

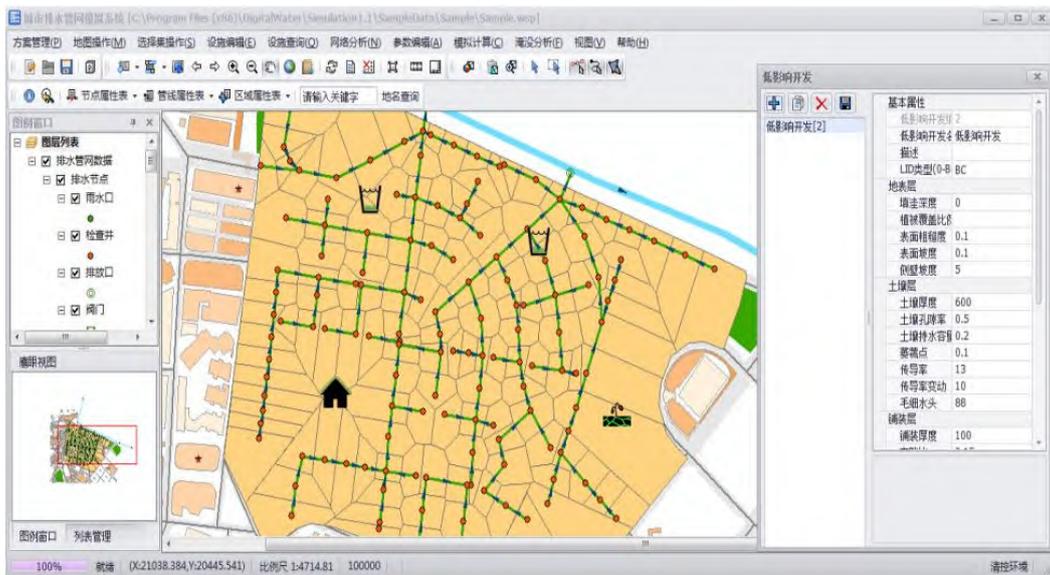


图 3-12 设计评估示意图

注：本案例分析资料引自住建部《海绵城市规划建设实用手册》