

江门市海绵城市建设规划设计导则

江门市海绵城市建设工作领导小组办公室

2022年8月

前 言

为全面贯彻落实国务院推进海绵城市建设工作要求，江门市全面推进海绵城市建设。为了指导海绵城市规划设计，根据国办发〔2015〕75号、粤府办发〔2016〕53号等文件要求，结合我市近年来海绵城市的设计和实践，以《江门市海绵城市建设专项规划》、《江门人才岛海绵城市专项规划》、《江门市推进海绵城市建设实施方案》等相关成果为基础，深化细化国家规范及技术指南，对海绵城市规划设计中基本规定、标准、设计计算方法和要求、模型评估等方面做出了规定和指引，并在广泛征求有关规划、设计、管理单位意见的基础上组织编制了本导则。

本导则属于指导性技术文件，内容包括：1. 总则；2. 术语与定义；3. 基本规定；4. 海绵城市规划设计标准；5. 海绵城市规划指引；6. 海绵城市的设计指引；7. 海绵城市主要计算参数及相关计算方法；附录：海绵城市规划设计相关案例。

本导则由江门市海绵城市建设工作领导小组办公室组织编制并负责管理，由中国市政工程华北设计研究总院有限公司负责技术解释，各单位在使用过程中，中如有意见或建议，请寄送江门市海绵城市建设工作领导小组办公室（地址：江门市江海一路83号）。

编制单位：中国市政工程华北设计研究总院有限责任公司

主要起草人：梁雨雯、桑非凡、杨孟山、刘畅、姜记威

主要审查人：许可

目 录

1.总则	2
2.术语与定义	5
3.基本规定	11
4.海绵城市规划设计标准	12
4.1.总体要求.....	12
4.2.建设总目标.....	12
4.3.近期建设目标.....	12
4.3.地块标准.....	13
5.海绵城市规划指引	15
5.1.海绵城市相关规划在城市规划中的要求.....	15
5.2.海绵城市规划设计原则.....	17
5.3.海绵城市专项规划编制要求.....	24
5.4.海绵城市详细规划编制要求.....	41
5.5.海绵城市系统化实施方案编制要求.....	52
6.海绵城市的设计指引	57
6.1.海绵城市设计的原则.....	57
6.2.建设项目分类设计指引.....	58
6.3.不同类型用地常见设施使用指引.....	72
6.4.常见设施设计要点.....	73
7.海绵城市主要计算参数及相关计算方法	104
7.1.计算参数.....	104
7.2.以渗透为主要功能的设施规模计算.....	105
7.3.以储存为主要功能的设施规模计算.....	106
7.4.以调节为主要功能的设施规模计算.....	107
7.5.以转输为主要功能的设施规模计算.....	108
7.6.模拟技术的应用.....	108

1.总则

1.0.1 编制目的

为指导和规范江门市海绵城市规划设计工作，全面贯彻生态文明建设要求和低影响开发的理念，加大城市雨水径流源头控制，结合江门市近年来海绵城市的设计和实践，合理确定海绵城市建设总体控制目标的详细开发控制指标，合理制定以小规模分散式源头生态控制技术为规划引导的开发模式，因地制宜设计“渗、滞、蓄、净、用、排”等工程措施，特制定本规划设计导则。

1.0.2 生效时限

本导则是江门市进行规划编制和各种类型用地进行海绵设施规划设计方案编制、审批及行业管理的指导性文件。导则自批准公布之日起，江门市范围内的城市规划以及新建、改建和扩建工程的规划设计，均应按照本导则及相关规划、标准要求执行。

1.0.3 实现目标

通过新建和改扩建区域的海绵化开发建设，实现江门市新建、改扩建项目建设后雨水径流污染负荷不大于建设前、年均雨水径流外排量和峰值流量不大于建设前，实现全面削减开发建设区块因雨水径流导致的面源污染、保障建设区域及其周边地区的排水防涝安全，提升江门市人居环境。

1.0.4 适用范围

本导则适用于指导江门市相关城市规划在编制中落实海绵城市建设的理念和要求，以及海绵城市专项规划、详细规划、系统化方案的编制，指导新建、改建、扩建项目中海绵城市相关内容的设计。

1.0.5 导则定位

本导则主要用于解决海绵城市建设过程中雨水的源头控制问题，主要对应于城市雨水排水市政管网之前的渗滞、净化与利用。市政管网排水、城市内涝防治、城市水资源、供水、污水、再生水等内容已经有相关的标准规范，本导则不再包括此部分内容。

1.0.6 编制依据

本导则内容引用了下列文件中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本导则。

《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》（GB50400-2016）

《绿色建筑评价标准》（GB/T50378-2019）

《民用建筑绿色设计规范》（JGJ/T229-2010）

《室外排水设计标准》（GB50014-2021）

《城市排水工程规划规范》（GB50318-2017）

《城镇内涝防治技术规范》（GB51222-2017）

《城镇雨水调蓄工程技术规范》（GB51174-2017）

《城市污水再生利用景观环境用水水质》（GB/T18921-2002）

《城镇污水再生利用工程设计规范》（GB50335-2016）

《城市用地分类与规划建设用地标准》（GB50137-2011）

《建筑给水排水设计规范》（GB50015-2003）（2009年版）

《透水砖路面技术规程》（CJJ/T188-2012）

《种植屋面工程技术规程》（JGJ155-2013）

《透水水泥混凝土路面技术规程》（CJJ/T135-2009）

《透水沥青路面技术规程》（CJJ/T190-2012）

《园林绿化工程施工及验收规范》（CJJ82）

《城市绿地设计规范》（GB50420-2007）

《蓄滞洪区设计规范》（GB50773-2012）

《公园设计规范》（CJJ48）

《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建（试行）》（建城函[2014]275号）

《江门市城市总体规划（2011-2020）》

《江门市海绵城市建设专项规划（2016-2030年）》

《江门人才岛海绵城市专项规划（2020-2030）》

1.0.7 标准参考

本导则在编制过程中，还参考了以下城市的地方标准规范：

北京地方标准《雨水控制与利用工程设计规范》（DB11-685-2013）

《光明新区海绵城市规划设计导则》

《南宁市海绵城市规划设计导则》

《嘉兴市低影响开发规划设计导则》

《石家庄市海绵城市设计规划导则》

《长沙市海绵城市建设规划与设计导则》

2.术语与定义

2.0.1 海绵城市（Sponge city）

海绵城市是指城市能够像海绵一样，在适应环境变化和应对自然灾害等方面具有良好的“弹性”下雨时吸水、蓄水、渗水、净水，需要时将蓄存的水“释放”并加以利用。海绵城市建设遵循生态优先等原则，将自然途径与人工措施相结合，在确保城市排水防涝安全的前提下，最大限度地实现雨水在城市区域的积存、渗透和净化，促进雨水资源的利用和生态环境保护。

2.0.2 低影响开发（Low Impact Development）

通过模拟自然条件，源头利用一些微型分散式生态处理技术使得区域开发后的水文特性与开发前基本一致，将土地开发对生态环境造成的影响减到最小。

2.0.3 雨水收集回用（Rain Utilization）

利用一定的集雨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全过程。

2.0.4 面源污染（Non-point Sources Pollution）

溶解和固体的污染物从非特定地点，在降水或融雪的冲刷作用下，通过径流过程而汇入受纳水体（包括河流、湖泊、水库和海湾等）并引起有机污染、水体富营养化或有毒有害等其他形式的污染。

2.0.5 初期雨水径流（First Flush）

一场降雨初期产生的一定厚度的降雨径流。

2.0.6 雨水滞留（Rainwater Retention）

将雨水存储下来予以入渗、蒸发蒸腾的过程。

2.0.7 雨水滞流（Rainwater Detention）

将雨水存储下来慢慢排放的过程。

2.0.8 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分析计算，通过自然和人工强化的渗透、储存、

蒸发（腾）等方式，场地内累计全年得到控制（不外排）的雨水量占全年总降雨量的百分比。

2.0.9 下垫面（Underlying Surface）

降雨受水面的总称。包括屋面、地面、水面等。

2.0.10 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，反映了土壤的渗透能力。

2.0.11 流量径流系数（Discharge runoff coefficient）

形成洪峰流量的历时内产生的径流量与降雨量之比。

2.0.12 雨量径流系数（Rainfall runoff coefficient）

设定时间内降雨产生的径流总量与总雨量之比。

2.0.13 径流污染控制量（Rainwater Treatment Volume for NPS Control）

为满足低影响开发面源污染控制目标而需要处理的初期径流量。

2.0.14 雨水入渗滞留控制量（Infiltration & retention Volume for Runoff Volume Control）

为满足低影响开发径流总量控制目标而需要入渗和滞留的雨水量。

2.0.15 雨水滞流控制量（Rainwater detention Volume for Peak Flow Control）

为满足低影响开发外排洪峰流量控制目标而需要滞流的雨水量。

2.0.16 径流污染控制降雨厚度（Precipitation Depth for NPS Control）

为满足低影响开发面源污染控制目标而需要控制的净降雨厚度。

2.0.17 径流污染控制系数（Volumetric Runoff Coefficient for NPS Control）

径流污染控制量与径流污染控制降雨厚度与总汇水面积乘积之比。

2.0.18 汇流时间（Time of concentration）

汇流时间指特定区域内不同水质点汇集到流域出口断面所经历的时间，是汇水面汇流时间和管渠流行时间之和。

2.0.19 孔隙率（Void Ratio）

土壤或砾石等材料中可存水部分体积与总体积之比。

2.0.20 滞留水位（Retention Water Level）

滞留（流）塘和表面流雨水湿地中为满足径流污染控制量和滞流控制量而设置的一种设计水位。

2.0.21 雨水储存设施（Rainwater Storage Equipment）

储存未经过处理的雨水的设施。

2.0.22 水质预处理设施（Pretreatment Practices）

为满足低影响开发设施进水要求，用于初步处理雨水径流的设施。

2.0.23 生物滞留设施（Bioretention）

通过土壤的过滤和植物的根部吸附、吸收，以及微生物系统等作用去除雨水径流中污染物的人工设施，包括入渗型、过滤型和植生滞留槽三种类型。

2.0.24 清淤立管（Cleanout Pipe）

与地下穿孔管连通，用于清除穿孔管内淤积泥沙的立管。通常用于带地下穿孔管的低影响开发设施中。

2.0.25 蓄水模块（Rainwater Storage Module）

可任意拼接的成品雨水储存设施。其优点是可拼接成任何形状、任意容积、耐腐蚀、集存水和排泥于一体。

2.0.26 透水铺装（Permeable Pavement）

透水路面最上部的透水层。主要包括透水砖、透水水泥混凝土和透水沥青混凝土等。

2.0.27 透水垫层（Base Course）

透水路面中用水存储雨水的级配砾石层。

2.0.28 保护层（Protection Layer）

绿色屋顶中置于防渗层上，用于防止植物根系刺穿防渗层。

2.0.29 植被草沟（Grassy Swale）

一种收集雨水、处理雨水径流污染、排水并入渗雨水的植被型草沟。包括排水型和入渗型两种类型。

2.0.30 台坎（Berm）

植被草沟中用于降低雨水流速并滞留（流）雨水的砾石挡水层。

2.0.31 入渗设施（Infiltration Practices）

用于使雨水分散并被渗透到地下的人工设施。包括渗透井管、入渗池、渗透洼地、渗透沟等。

2.0.32 渗透井（Infiltration Well）

雨水通过侧壁和井底进行入渗的设施。

2.0.33 渗透雨水口（Infiltration Inlet）

具有入渗雨水、截污、集水功能的一体式集水口。

2.0.34 渗透检查井（Infiltration Manhole）

具有入渗雨水和一定沉沙容积的管道检查维护装置。

2.0.35 集水渗透检查井（Collect-Infiltration Manhole）

具有收集、入渗雨水工程和一定沉沙容积的管道检查维护装置。

2.0.36 观察孔（Observation Well）

用于观察入渗设施和过滤设施运行状况的检视装置。

2.0.37 过滤设施（Filtering Practices）

采用沙、土壤或泥炭等介质过滤雨水达到雨水径流污染物控制目标的低冲击开发设施。包括过滤池和过滤槽两种类型。

2.0.38 滞留（流）设施（Retention & Detention Practices）

通过滞留或滞流雨水、沉淀等方式达到低冲击开发目标的低冲击开发设施。

2.0.39 小口出流（Small Pipe Outlet）

滞留（流）塘和表面流雨水湿地中排放蓄存雨水的出流装置。其可以为滞留（流）塘和表面流雨水湿地腾出下一次暴雨的滞留（流）空间。

2.0.40 前置塘（Forebay）

滞留（流）塘和表面流雨水湿地中的沉砂池。

2.0.41 人工湿地（Filtering Practices）

通过沉淀、过滤和湿地植物的生物作用等方式达到设计目标的设施。通过模拟天然湿地的结构和功能，人工建造的具有径流雨水总量减排和水质净化等功能。

2.0.42深水通道（Low Marsh）

表面流雨水湿地中用于保证旱季水量的深水区。

2.0.43 下凹式绿地（Lower Green）

用于蓄存和入渗雨水，并且标高低于周围汇水区域的绿地。下凹式绿地一般不需更换填充土壤，不设置砾石层。与雨水花园相比，其雨水入渗和滞留能力较弱。下凹式绿地一般低于周围汇水区域100~150mm。

2.0.44 断接（Disconnection）

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办法。

2.0.45 泥沙分离设备（LID Separator）

利用旋流来分离地表径流中的沉淀物、悬浮物和油脂从而实现低影响开发面源污染控制目标的附属设备。

2.0.46 过滤设备（LID Filter）

利用滤网、滤布或介质过滤雨水径流中的泥沙及悬浮物从而实现低影响开发面源污染控制目标的附属设备。

2.0.47 流量控制设备（LID Flow Controller）

根据水力学及空气力学原理控制水头/流量曲线，使得其在低水头时保持较大流量，而随着水头的升高，在一定范围内流量无明显增加，从而实现限流的目的。

2.0.48 配水设施（Level Spreader）

使得雨水均匀、缓慢进入低影响开发设施中的设施。包括砾石槽和V型槽配水设施。

2.0.49分流设施（Flow Diversion）

在离线型低影响开发设施中用于截流初期径流的设施。

2.0.50 绿色屋顶（Green Roof）

指在各类建筑物、构筑物的屋顶以及天台、露台等进行绿化，本导则中主要指

以雨水径流减排控制为主要目的绿色屋顶。

2.0.51 底部渗排 (Underdrain)

入渗的雨水，在生物滞留设施、透水铺装等具有雨水下渗功能的低影响开发设施底部设置穿孔管或开槽管将雨水排向下游。

2.0.52 初期雨水弃流 (Initial Rainwater Discarding)

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，以降低雨水的后期处理难度。

3.基本规定

3.0.1 符合海绵城市规划设计导则适用范围包括城市规划编制，以及建设项目的新、改、扩建设计，海绵城市设施应与主体工程同时规划、同时设计、同时施工、同时使用。

3.0.2 符合海绵城市规划设计导则适用范围的新、改、扩建的建设项目，应统筹考虑全生命周期内绿色建筑设计、海绵城市设计、保护环境与满足建筑功能之间的辩证关系，将海绵城市规划设计贯穿于项目策划及规划设计的各个阶段。

3.0.3 海绵城市规划设计应当体现江门市的地域特点，遵守经济性原则、适用性原则，并采用本地化的参数（暴雨强度、设计雨型、土壤渗透系数等）进行设计计算。

3.0.4 海绵城市规划设计中，应与项目相应的室外总平面、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，采取有利于促进建筑与环境可持续发展的设计方案。

3.0.5 海绵城市设施收集回用的雨水应达到国家、地方规定的与用户需求相匹配的水质标准，雨水严禁进入生活饮用水给水系统。

3.0.6 海绵城市设施应采取确保人身安全、使用及维护安全的措施。

3.0.7 海绵城市规划应符合江门市各层次城市规划的要求，并优先采用非工程性技术措施。

3.0.8 建设项目预选址阶段，为维护水文循环，应保护以下重点区域：

- （1）水源保护区、生态保护区、基本农田保护区、森林及郊野公园；
- （2）坡度大于25%的山地、林地；
- （3）主干河流、水库及湿地，以及其他江门市中心城区蓝线内的范围；
- （4）维护生态系统完整性的生态廊道和绿地。

3.0.9 海绵城市规划设计应统筹发挥自然生态功能和人工干预功能，将源头减量、过程控制和末端治理结合，形成完善的雨水综合管理体系。

3.0.10 海绵城市规划设计应综合考虑地区排水防涝、水污染防治和雨水利用的需求，并以内涝防治与面源污染削减为主，雨水资源化利用为辅。

4.海绵城市规划设计标准

4.1.总体要求

海绵城市建设是统筹水安全、水资源、水环境以及水生态等方面的“绿色城市途径”，在实施中包括了雨水综合控制与利用、低影响开发技术、城市排水防涝、城市面源污染控制和合流制溢流管理等多种技术和要求。

由于海绵城市建设涉及面广，既注重城市总体发展建设，还包括具体项目的建设。因此，将海绵城市建设指标体系进行分类，分成总体标准和地块标准两大类。其中，总体标准用于指导整个城市的发展建设，地块标准指导具体项目的建设。

总体标准均为强制性标准，地块标准既有强制性标准，又有指引性标准。强制性标准为江门市中心城区内规划编制，以及所有新建、改建、扩建项目设计必须遵守的标准，是海绵城市建设的核心，具有不可替代性；引导性标准为各个项目规划设计时需参考的标准，具有可替代性。各项目在设计时，引导性指标可以通过不同低影响开发设施的调整或组合相互替代。

4.2.建设总目标

通过海绵城市建设，综合采取“渗、滞、蓄、净、用、排”等措施，最大限度地减少城市开发建设对生态环境的影响，将年径流总量控制率（70%）范围内的降雨就地消纳和利用。

到2020年，城市建成区20%以上的面积达到对应管控区域年径流总量目标要求；

到2030年，城市建成区80%以上的面积达到对应管控区域年径流总量目标要求；

全市排水防涝能力得到有效提升，城市内涝积水问题得到基本解决，山水林田湖等生态空间得到有效保护，水生态、水资源、水环境、水安全得到全面改善。

4.3.近期建设目标

近期到2020年，针对“水生态、水环境、水安全、水资源”4个方面，综合分析江门市各个片区现状及问题突出程度，确定近期（2016-2020年）于滨江新区、高新区（南部）、珠西枢纽新城及珠西智谷实施海绵城市建设，总面积23.2 km²。

近期（2020年）建设目标为城市建成区20%以上的面积达到对应管控区域年径流总量目标要求。近期建设范围如下图所示。

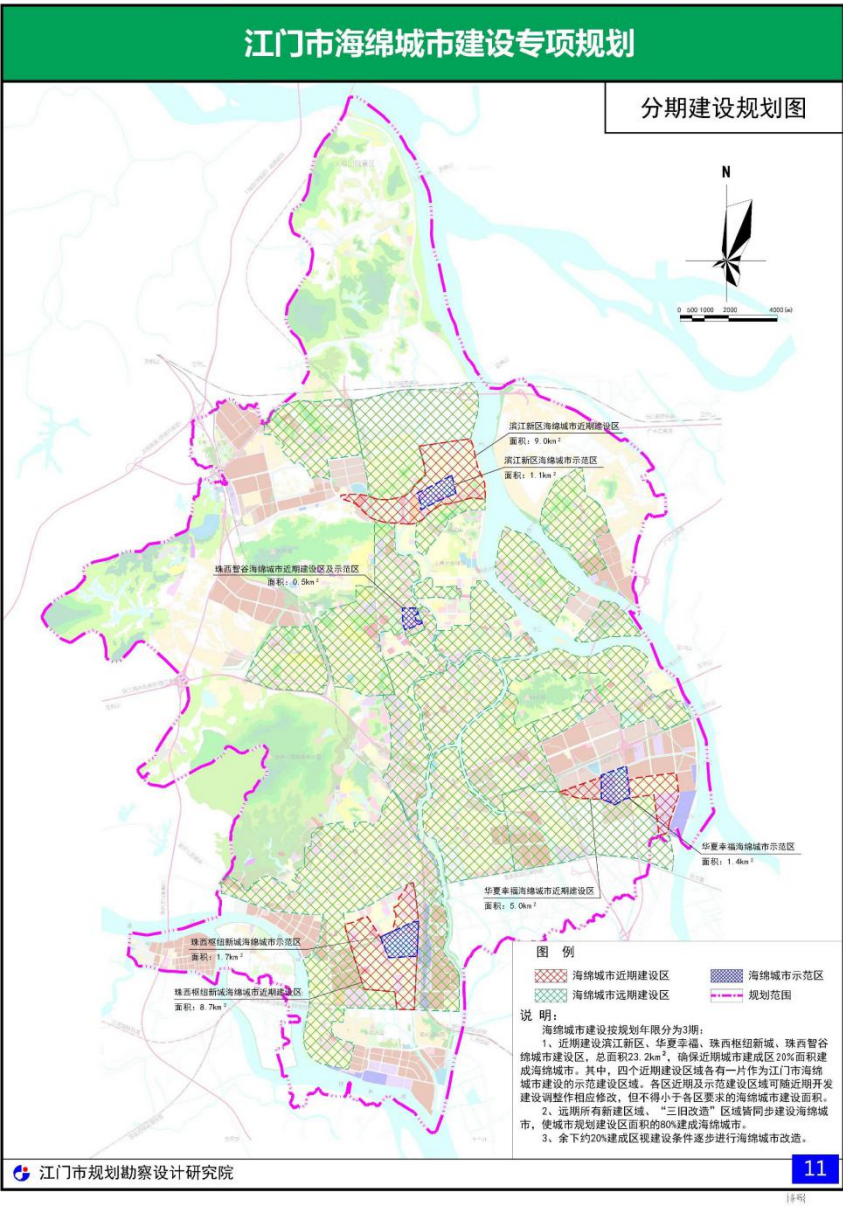


图 4-1 江门市海绵城市分期建设规划图

4.3地块标准

地块标准主要针对用地性质不同的地块设计相应的标准，分为强制性标准和引导性标准，强制性标准包含多年平均总量控制率和SS总量去除率，引导性标准包含下沉式绿地率、透水铺装率、绿色屋顶率、下凹绿地率（含生物滞留设施）和单位面积控制容积。具体的设计标准如下表所示。

表 4-1 不同用地性质的地块标准

标准	建筑与小区		城市道路	绿地与广场	
	R	A\B\M\W\U\T	S	G1\G2	G3

强制性标准	多年平均径流总量控制率（%）	60~85	60~85	40~75	75~90	75~85
	SS 总量去除率（%）	≥40	≥35	≥40	≥50	≥55
指引性标准	下沉式绿地率（%）	30~50	20~55	30~65	≥60	≥60
	透水铺装率（%）	25~70	20~70	20~50	≥50	≥50
	绿色屋顶率（%）	0~5	0~5	—	—	—
	单位面积控制容积（m ³ /hm ² ）	≥150	≥170	—	—	—

4.4.1.新建项目

建设项目通过落实年径流总量控制率指标，同步实现雨水径流污染源头削减，新建各类项目多年平均径流总量控制率均应大于75%。结合试点区经验，城市道路项目可视具体情况适当降低，其余标准应严格按照强制性指标的要求执行。

表 4-2 新建项目不同用地性质的地块标准

标准	建筑与小区		城市道路	绿地与广场	
	R	A\B\M\W\U\T	S	G1\G2	G3
多年平均径流总量控制率（%）	75~85	75~85	60~75	75~90	75~85
SS 总量去除率（%）	≥50	≥40	≥50	≥65	≥60

4.4.2.改、扩建项目

结合试点区经验，部分改、扩建项目由于建成年代不同，自然本底情况各有不同，规划设计时应视具体情况参照采用不同标准，仍不能达标的地块可以通过区域协调的方式达到总体标准。

表 4-3 改、扩建项目不同用地性质的地块标准（建成年代为2000年前）

标准	建筑与小区		城市道路	绿地与广场	
	R	A\B\M\W\U\T	S	G1\G2	G3
多年平均径流总量控制率（%）	60~70	60~70	40~50	75~80	75~80
SS 总量去除率（%）	≥40	≥35	≥40	≥50	≥55

表 4-4 改、扩建项目不同用地性质的地块标准（建成年代为2000年后）

标准	建筑与小区		城市道路	绿地与广场	
	R	A\B\M\W\U\T	S	G1\G2	G3
多年平均径流总量控制率（%）	70~80	70~80	50~60	75~90	75~85
SS 总量去除率（%）	≥45	≥40	≥45	≥60	≥60

5.海绵城市规划指引

5.1.海绵城市相关规划在城市规划中的要求

为落实海绵城市建设要求，城市规划有必要进一步完善规划编制方法，充实规划内容，引导城市建设成为具有吸水、蓄水、净水和释水功能的“海绵体”，以减轻市政雨水管网的压力，有效缓解城市内涝，削减城市径流污染负荷，提高雨水资源化利用效率，修复城市水生态系统。

落实海绵城市建设要求的规划内容，应当分层级、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，成为法定规划的有机组成部分。

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的，确需补充海绵城市规划建设要求的，也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将成果纳入。

总体规划层面的海绵城市建设应统筹确定全市海绵城市建设指标，从全市范围内综合考虑不同区域的现状排水条件、建设条件等因素，分区域确定地区排水防涝、水污染防治、水环境改善和雨水综合利用需求，并以地区排水防涝、水污染防治和水环境改善为主，确定海绵城市建设总体战略性目标，提出战略性对策，引导下层次规划的编制和实施。

在控制性详细规划层面上，主要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，细化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，明确强制性指标和引导性指标，并指导下层次的规划或设计。

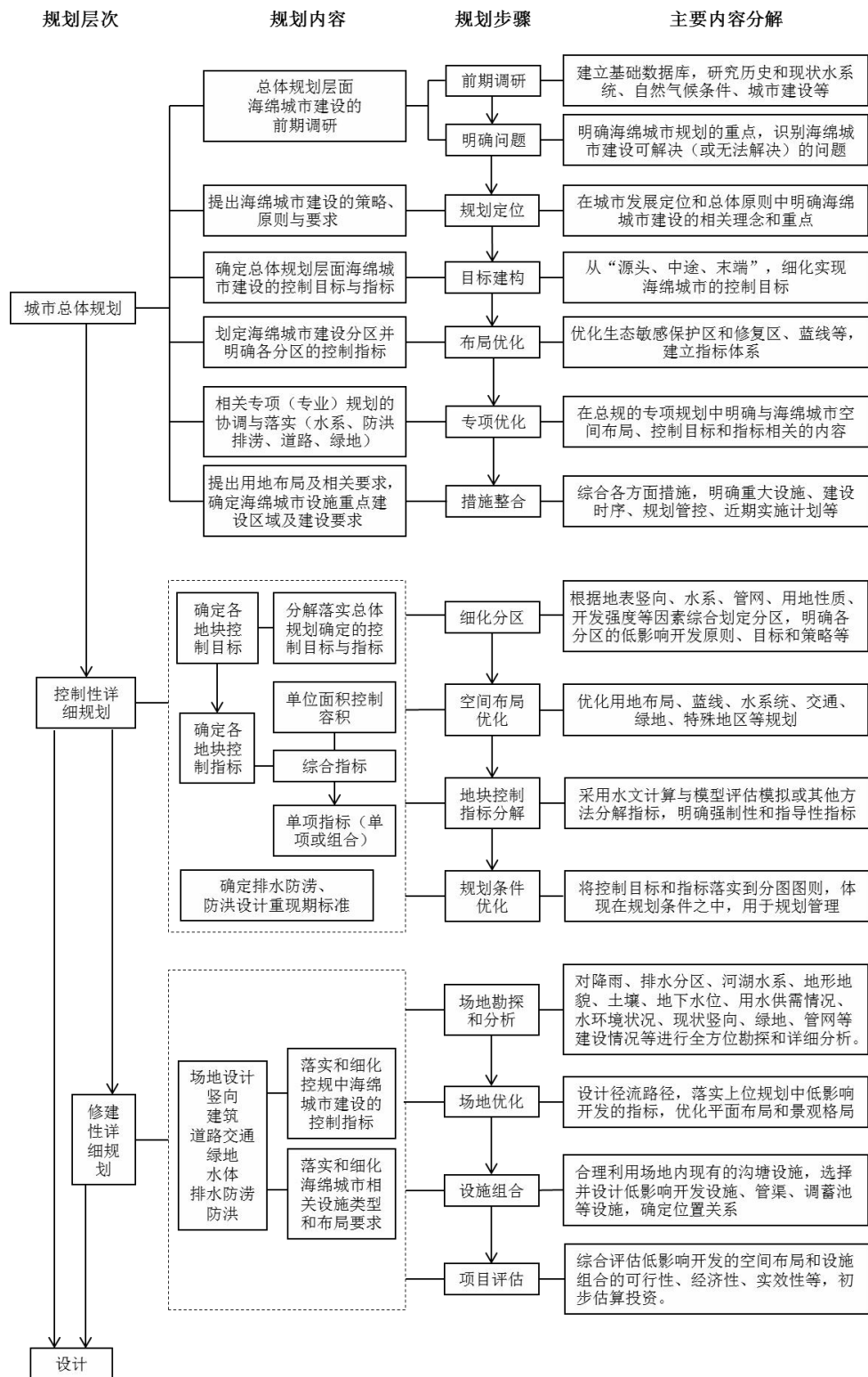


图 5-1 城市规划中落实海绵城市建设要求技术框架

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、概化布局、可执行的总体设施规模及相关技术，将海绵城市的建设

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。

5.2.海绵城市规划设计原则

5.2.1海绵城市设计基本原则

（1）**系统控制**。落实海绵城市建设要求的城市规划应立足于改善城市的生态环境，从水生态、水环境、水资源、水安全等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，建立相互依存、相互补充的城市水系统。

（2）**统筹协调**。海绵城市的建设内容应纳入城市总体规划、控制性详细规划和修建性详细规划中，并充分统筹其他相关系统，在不影响其他相关系统主体功能的情况下，增强复合功能，实现相互协调与衔接，发挥综合效益。

（3）**保护性开发**。应顺应自然地貌，尽量避免大挖大填，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，并结合这些区域及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、自然净化等规划策略。

（4）**分类指导**。针对不同区域的水文气象条件、地理因素、城市发展阶段、社会经济情况、文化习俗等，或城市规划区范围内不同地区的特征，优先选择适宜地方特点的生态型、低成本、易维护的低影响开发技术措施，分门别类地制定海绵城市规划目标和指标系统，有针对性地选择相关的技术路线和设施，确保规划方案的可实施性和有效性。

（5）**科技支撑**。规划编制应有科学依据，对重大问题、关键指标、以及重要技术环节需要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，并鼓励运用先进的规划辅助技术等。

5.2.2海绵城市规划任务与技术路线

落实海绵城市建设要求的城市规划技术涉及到海绵城市专项规划、详细规划、系统化实施方案三个层次，解决宏观、中观、微观三方面的问题，相互支持，共同构建整体的技术框架。

在城市总体规划层面上，重点是基于降水和地质条件等本底条件，识别并规

划完善自然与人工的水系统，优化循环路径和机制，因地制宜地确定海绵城市建设原则；协调绿地、水系、道路、开发地块的空间布局与城市竖向，明确城市尺度上对径流总量控制、径流峰值控制、径流污染控制、雨水资源化利用等方面的总体规划控制目标；协调城市水系、排水防涝、绿地系统、道路交通等专项规划，或编制城市雨水控制与利用专项规划，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。

在详细规划层面上，重点是细化分解和落实城市总体规划中提出的海绵城市总体控制目标及要求。通过土地利用空间优化等方法，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，明确排水防涝、径流污染控制设施的排放与调蓄要求，最终将海绵城市的理念形成可操作、可管理的规划设计条件，管控土地开发出让及建设前期工作。

在系统化实施方案上，重点是将详细规划中关于各地块的海绵城市控制指标和引导性要求落实到具体项目的设计之中，具体指导海绵城市设施的建设、细化场地设计和设施配套，以及维持或恢复场地的“海绵”功能。

5.2.3 海绵城市规划关键技术环节

（1）现状调研分析通过对当地自然气候条件、降雨情况、水文及水资源条件、地形地貌、排水分区、地下水位和土壤渗透特性、河湖水系及湿地情况、用水供需情况、水环境污染情况、洪涝灾害发生情况等的调查，分析城市竖向、功能布局、市政管网、园林绿地等建设情况及存在的主要问题。

（2）海绵城市控制目标体系确定海绵城市建设的目的是使城市尽可能恢复到接近开发前的原始水文状态，包括径流总量、峰值流量、汇流时间、径流污染等。对于径流总量控制目标，各地应通过水文调查、历史统计数据、实地监测等，尽可能的明确当地自然绿地（原生态绿地，非人造绿地）的年径流总量控制率，将其作为目标上限，再结合城市规划建设现状和地方经济承受能力，合理确定年径流总量控制率目标（应考虑现状建设区的改造可能性，明晰目标的可达性）。在缺少水文研究的地区，考虑设施的效率，可参考全国年径流总量控制率分区以及周边气象条件接近地区的年径流总量控制要求确定。

根据当地雨水特征、水文条件、径流污染程度、内涝风险控制要求和雨水资

源化利用需求等，结合当地水环境突出问题、经济合理性等因素，因地制宜的确定径流控制目标：①水资源缺乏的地区，可综合降雨条件与用水需求等，合理确定水资源收集利用量，实现一定的雨水资源化利用率要求；②径流污染问题较严重的地区，可结合当地水环境容量及径流污染特征与控制要求，确定径流污染控制目标，可转化为年径流控制率进行落实；③水土流失严重和水生态敏感地区，可主要以侵蚀控制要求为目标，转化为径流峰值控制目标，或进一步转化为年径流总量控制率控制目标；④易涝城市或地区，应侧重径流峰值控制，可执行现行《室外排水设计规范（GB50014）》中内涝防治设计重现期标准上限；⑤面临内涝与径流污染防治、雨水资源化利用等多种需求的地区，可根据当地经济情况、空间条件等，选取合理的年径流总量控制率、排水或内涝防治设计重现期目标，实现径流污染和峰值控制及雨水资源化利用的综合目标。

（3）城市雨水管渠排放系统与超标径流排放系统构建技术体系甄选新规划城区排水与内涝防治设计标准应达到现行《室外排水设计规范（GB50014）》的要求，

（小）排水系统主要由雨水管渠及调蓄池等地下灰色基础设施构建，并通过地上低影响开发雨水系统（绿色雨水基础设施）的协同作用，进一步提高排水系统的综合设计标准。内涝防治系统主要包含地上、地下大型调蓄设施及行泄通道，并与低影响开发雨水系统、雨水管渠系统协同作用，综合达到内涝防治标准。

老城区雨水管渠系统与超标雨水径流排放系统的提标改造应结合空间、竖向、经济等实际条件，综合地上空间的有机改造、地下雨水管渠的维护与提标改造及地下大型调蓄设施的建设等措施，经技术经济分析后合理确定最优方案，实现径流污染控制、雨水资源化回用及排水防涝综合控制目标。

（4）低影响开发雨水系统径流总量控制目标分解明确年径流总量控制率后，可通过水文、水力计算与模型模拟等方法对年径流总量控制率目标进行逐层分解；暂不具备条件的城市，可结合当地气候、水文地质等特点、汇水面种类及其构成等条件，通过加权平均的方法试算进行分解，将此目标逐级分解至地块的单位面积控制容积及透水铺装率等指标。对于环境特殊、差异较大的地区，应因地制宜分区（主要按照排水分区，可结合城市特征进行优化整合），确定径流总量控制目标。

在目标分解后，必须结合当地降雨、土壤和地质条件对典型地块设计降雨量目标的可达性进行分析，并逐级复核，明确区域目标的可达性。结合周边用地性质、

绿地率、水域面积率等条件，综合确定低影响开发设施的类型与布局。应注重公共开放空间的多功能使用，高效利用现有设施和场地，将雨水处理与景观相结合。为确保源头生态目标的实现，在复核区域的年径流总量控制率目标时，不应计入江、河、湖等末端水系的滞留容量，但可计入雨水排放过程中新增和受控水体，以及湿地、湖、塘等的滞留容量。

为保障城市水安全，城市雨水管渠和泵站的设计重现期、径流系数等设计参数应当按照现行《室外排水设计规范（GB50014）》中的相关标准执行，暂不考虑源头径流控制带来的有利影响。

（5）海绵城市建设分区技术海绵城市建设分区是衔接规划目标和具体用地的分析技术，目的在于在不人为割裂流域或小区域自然水文循环完整性的前提下，因地制宜地利用不同区域海绵城市建设的有利条件，针对性地解决不同区域的突出问题，在城市空间上落实细化海绵城市建设规划目标。海绵城市建设分区应基于对城市用地功能布局、竖向、水文地质、排水分区、流域边界、控制策略的系统分析，划分不同特征和建设要求的区域，以分解落实总体规划中提出的城市径流总量控制、径流峰值控制、径流污染控制等要求和指标，最大程度恢复城市自然水文循环。

（6）低影响开发雨水控制利用模式选择低影响开发指在场地开发过程中采用源头、中途、末端生态措施维持场地开发前的水文特征，低影响开发雨水控制利用模式包括截污净化、渗透、储存利用、径流峰值调节、开放空间多功能调蓄等。低影响开发技术和系统选择应遵循以下要求：①注重资源节约，保护生态环境，因地制宜，经济适用，并与其他专业密切配合。②结合各地气候、土壤、土地利用等条件，选取适宜当地条件的低影响开发技术。③恢复开发前的水文状况，促进雨水的储存、渗透和净化，实现多目标。④地下水超采地区应首先考虑雨水下渗，干旱缺水地区应优先考虑雨水资源化利用，一般地区应结合景观设计增加雨水调蓄空间。

5.2.4 海绵城市规划建设目标

传统的排水系统控制目标主要是对城市产生的峰值流量进行控制，即直接排放一定重现期下的暴雨径流。而海绵城市的建设目标涵盖雨水径流总量和污染物控制、雨水资源利用、峰值流量控制-排水防涝等多个分目标（如下图所示），这些目标既有联系，又有区别，统筹达到海绵城市综合建设要求。

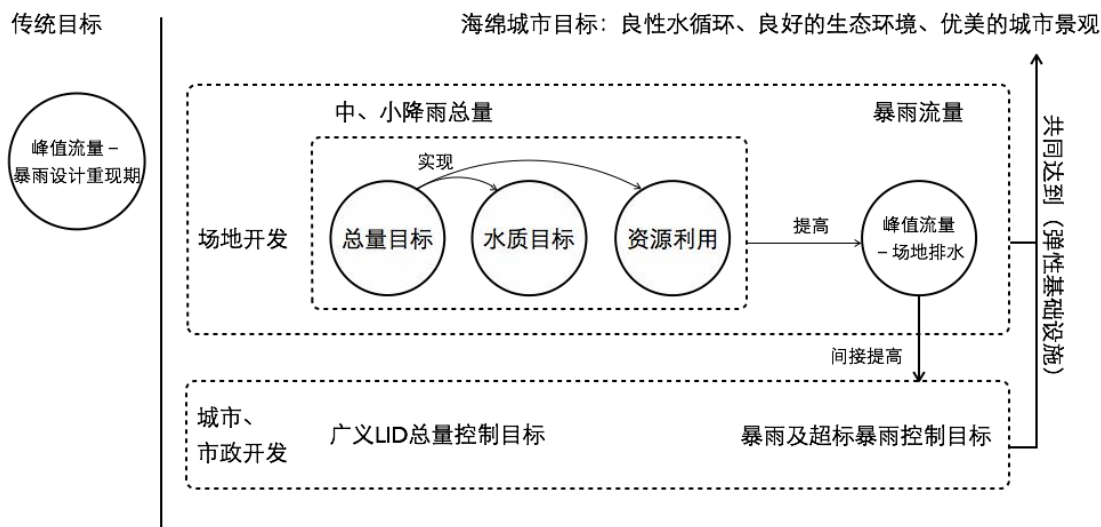


图 5-2 海绵城市综合目标关系示意图

这些目标的确定都有一个科学性和经济合理性的问题，盲目的取大或取小都有可能违背自然规律、科学规律和经济规律。应避免不顾下游排水系统和水环境的条件和标准，过分增大源头低影响开发设施规模来实现暴雨控制目标，致使下游水文条件显著变化甚至萎缩。在某些特殊地区，如管道系统提标改造十分困难和代价高昂的老旧城区，经过技术经济分析后，可通过低影响开发雨水系统建设，提高管渠综合排放标准，这也可能成为一个经济合理的优选方案；或者在一些地形条件较好的丘陵和坡度区域，如果地下管道和地表排水的综合条件已经达到很高的排水防涝标准，就不一定非得盲目地全部重建管道系统。

因此，海绵城市与传统雨水系统不同的、具有创新性及特点的目标体现在两个方面。一方面是针对二级地块、道路及开放空间自身场地开发阶段的狭义低影响开发雨水系统，主要针对小重现期的城市中、小降雨进行径流总量控制，实现一定的径流污染控制与雨水资源化回用目标，一般选择年径流总量控制率及设计降雨量作为规划控制目标 and 设计依据，同时有效分担场地内及大市政层面的排水防涝压力。另一方面，对于城市大市政尺度，考虑到峰值流量控制与总量控制衔接的复杂性，一般需要通过科学的模型模拟，合理构建狭义低影响开发雨水系统、常规雨水径流蓄排系统（雨水管渠系统）和超常规雨水径流蓄排系统（超标雨水径流排放系统），并通过综合性规划，综合控制应对排水防涝所要求的超标暴雨。

（1）径流总量控制目标低影响开发雨水系统的径流总量控制一般采用年径流总量控制率作为控制目标。年径流总量控制率与设计降雨量为一一对应关系。理想

状态下，径流总量控制目标应以开发建设后径流排放量接近开发建设前自然地貌时的径流排放量为标准。自然地貌往往按照绿地考虑，一般情况下，绿地的年径流总量外排率为15%-20%（年雨量径流系数为0.15-0.20），借鉴发达国家实践经验，年径流总量控制率最佳为80%-85%。这一目标主要通过控制频率较高的中、小降雨事件来实现。江门市要求年径流总量控制率为75%，对应设计降雨量为27.4mm。

实践中，各地在确定年径流总量控制率时，需要综合考虑多方面因素。一方面，开发建设前的径流排放量与地表类型、土壤性质、地形地貌、植被覆盖率等因素有关，应通过分析综合确定开发前的径流排放量，确定适宜的年径流总量控制率。另一方面，要考虑当地水资源禀赋情况、降雨规律、开发强度、低影响开发设施的利用效率以及经济发展水平等因素；具体到某个地块或建设项目的开发，要结合本区域建筑密度、绿地率及土地利用布局等因素确定。

因此，综合考虑以上因素，当不具备径流控制的空间条件或者经济成本过高时，可选择较低的年径流总量控制目标。同时，从维持区域水环境良性循环及经济合理性角度出发，径流总量控制目标也不是越高越好，雨水的过量收集、减排会导致原有水体的萎缩或影响水系统的良性循环；从经济性角度出发，当年径流总量控制率超过一定值时，投资效益会急剧下降，造成设施规模过大、投资浪费的问题。

我国地域辽阔，气候特征、土壤地质等天然条件和经济条件差异较大，径流总量控制目标也不同。在雨水资源化利用需求较大的西部干旱半干旱地区，以及有特殊排水防涝要求的区域，可根据经济发展条件适当提高径流总量控制目标；对于广西、广东及海南等部分沿海地区，由于极端暴雨较多导致设计降雨量统计值偏差较大，造成投资效益及低影响开发设施利用效率不高，可适当降低径流总量控制目标。

通过对我国近200个城市1983-2012年日降雨量统计分析，得到各城市年径流总量控制率及其对应的设计降雨量。将我国大陆地区大致分为五个区，各区年径流总量控制率 α 的最低和最高限值为：I区（ $85\% \leq \alpha \leq 90\%$ ）、II区（ $80\% \leq \alpha \leq 85\%$ ）、III区（ $75\% \leq \alpha \leq 85\%$ ）、IV区（ $70\% \leq \alpha \leq 85\%$ ）、V区（ $60\% \leq \alpha \leq 85\%$ ）。其中江门市为V区（ $60\% \leq \alpha \leq 85\%$ ）。

需指出的是，对于受土地利用布局、绿地率、建筑密度、土壤渗透性能、当地经济条件等因素制约，确实无法达到控制要求的特殊地区或具体建设项目，可适

当降低径流总量控制目标，但对于新建城区，年径流总量控制率一般不应低于60%，对于已建城区，年径流总量控制率不应低于原有水平或规划水平。

各地城市规划、建设过程中，可将年径流总量控制率目标分解为单位面积控制容积，以其作为综合控制指标来落实径流总量控制目标。

径流总量控制途径包括：雨水的下渗减排和直接集蓄利用。缺水地区可结合实际情况制定基于直接集蓄利用的雨水资源化利用目标。雨水资源化利用一般应作为落实径流总量控制目标的一部分。实施过程中，雨水下渗减排和资源化利用的比例需依据实际情况，通过合理的技术经济比较来确定。

（2）径流峰值控制目标城市传统排水管渠系统是城市重要的基础设施，海绵城市建设应首先重视和不断完善城市雨水管渠设施的建设质量，在此基础上，通过建设城市超标径流雨水径流蓄排设施，构建较为完善的城市排水防涝体系。

径流峰值流量控制是城市排水防涝与源头低影响开发雨水系统的重要控制目标。源头小型的低影响开发设施受降雨频率与雨型、设施建设与维护管理条件等的影响，一般对中、小降雨事件的峰值削减效果较好，对特大暴雨事件，虽仍可起到一定的错峰、延峰作用，但其峰值削减幅度往往较低。因此，为保障城市安全，在源头低影响开发设施的建设区域，城市雨水管渠和泵站的设计重现期、径流系数等设计参数仍然应当按照《室外排水设计规范》（GB50014）中的相关标准执行。

同时，低影响开发雨水系统是城市内涝防治系统的重要组成，应与城市雨水管渠系统及超标雨水径流排放系统相衔接，建立从源头到末端的全过程雨水控制与管理体系，共同达到内涝防治要求，城市内涝防治设计重现期应按《室外排水设计规范》（GB50014）中内涝防治设计重现期的标准执行。

（3）径流污染控制目标 径流污染控制是低影响开发雨水系统的控制目标之一，既要控制分流制径流污染物总量，也要控制合流制溢流的频次或污染物总量。各地应结合城市水环境质量要求、径流污染特征等确定径流污染综合控制目标和污染物指标，污染物指标可采用化学需氧量（COD）、悬浮物（SS）、氨氮（NH₃-N）、总磷（TP）等。

城市径流污染物中，SS往往与其他污染物指标具有一定的相关性，因此，一般可采用 SS 作为径流污染物控制指标。低影响开发雨水系统的年 SS 总量削减率一般可达到 40%-60%。考虑到径流污染物变化的随机性和复杂性，径流污染控

制目标也可通过径流总量控制来实现，并结合径流雨水中污染物的平均浓度和低影响开发设施的污染物去除率确定。

年 SS 总量削减率可用下述方法进行计算：

年 SS 总量削减率=年径流总量控制率×低影响开发设施对 SS 的平均削减率。

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

5.3.海绵城市专项规划编制要求

5.3.1.综述

海绵城市专项规划是城市总体规划的重要组成部分，是城市层面落实生态文明建设、推进绿色发展的涉水顶层设计，是保护城市水生态、改善城市水环境、保障城市水安全、提高城市水资源承载力的系统方案，是加强城市规划建设管理、提供管控依据的重要支撑。

专项规划主要用来指导整个江门市中心城区的海绵城市建设工作，需确定江门市海绵城市建设的总体原则和发展目标，明确海绵城市总体建设目标、分区指标控制要求、中心城区“山水田林湖”等自然海绵体保护的保护措施和系统格局以及人工海绵体建设的总体要求、空间布局、设施规模等。

专项规划以在城市中落实“生态基线、环境底线、安全红线、资源上限”管控要求为目标，从保护水生态、改善水环境、保障水安全、涵养水资源等方面明确具体规划指标。

5.3.2.编制技术要点

5.3.2.1.现状分析

对海绵城市建设现状情况进行分析，梳理海绵城市建设当前存在的主要问题、拟解决的重点问题，以及海绵城市建设的需求，具体包括：

（1）海绵城市建设的现状情况，包括城市的低影响开发道路、雨水收集利用、绿色屋顶、下沉式绿地、雨水湿地等现有设施和用地的空间分布情况。

（2）城市中主要的雨水易涝区域空间分布情况，包括滞洪区、低洼区域、地质灾害易发区、特殊污染源地区等区域，以及道路易涝路段、易涝立交桥、地下通道等节点的空间分布情况。

（3）影响海绵城市相关设施建设的现状情况，包括地形、地貌、土壤空间分布、土壤渗透能力空间分布情况、地下水水位的分布、地下水位下降、降雨分区等。

（4）城市雨水管渠系统建设的现状条件情况，包括工程设计标准、现状的排水分区，以及相应的设施布局等。

（5）城市超标雨水径流排放系统的现状条件情况，包括现有的河流、坑塘、沟渠、溢洪道、地下管涵、隧道等。

（6）城市多年降雨量与径流情况，包括城市多年平均降雨量（不少于 30 年）、降雨场次和降雨总量之间的对应关系，及城市多年径流总量控制率和降雨量之间的关系曲线等。

（7）海绵城市建设需求。从城市现状的水生态、水资源、水环境、水安全等方面分析海绵城市建设需求。

（8）将和海绵城市相关的指标，尤其是城市透水面积比例、绿地率、水域面积率、天然水面保持率、年径流总量控制率、城市内河水体水质目标等相关指标纳入到城市规划的指标体系中，并根据城市发展目标，分别提出各类指标近、中、远期的目标值。

5.3.2.2.规划目标与指标确定

（1）规划目标从水生态、水环境、水安全、水资源四个方面提出海绵城市规划目标。源头、中途、末端三个阶段的目标各有侧重，形成有机统一的整体：源头侧重年径流总量控制，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。

1）水生态规划目标主要结合降雨量和类型、土壤类型、地下水位情况、城市发展目标等，并参考我国大陆地区年径流总量控制率分区图，确定水生态控制目标。

2）水环境规划目标主要结合城市水环境质量要求、径流污染特征、雨水面源污染特征等，确定水环境控制目标。

3）水资源规划目标主要结合地下水位稳定程度、雨水收集、雨污水再利用、中水处理等，确定雨水资源再利用目标，以达到缓解水资源短缺问题的目的。

4）水安全规划目标主要结合城市竖向、内涝灾害易发点、主要的排水防涝和防洪设施分布等情况，控制城市内涝灾害，确定水安全规划目标。

（2）指标体系在编制专项规划时，应根据城市现状、区位、城市功能定位以及社会经济发展水平等要素，对应水生态、水资源、水环境、水安全等方面的规划目标因地制宜地提出海绵城市建设指标（如下图所示），并分解至专项规划的竖向、给水、排水、道路、绿化等各章节中，并在下一步控制性和修建性详细规划中进一步细化分解落实。

专项规划的控制指标必须依据城市气象特征、土壤特性、城市建设现状、地下水等条件综合确定，以保证海绵城市专项规划控制指标的科学性、合理性和可行性（如下图所示）。

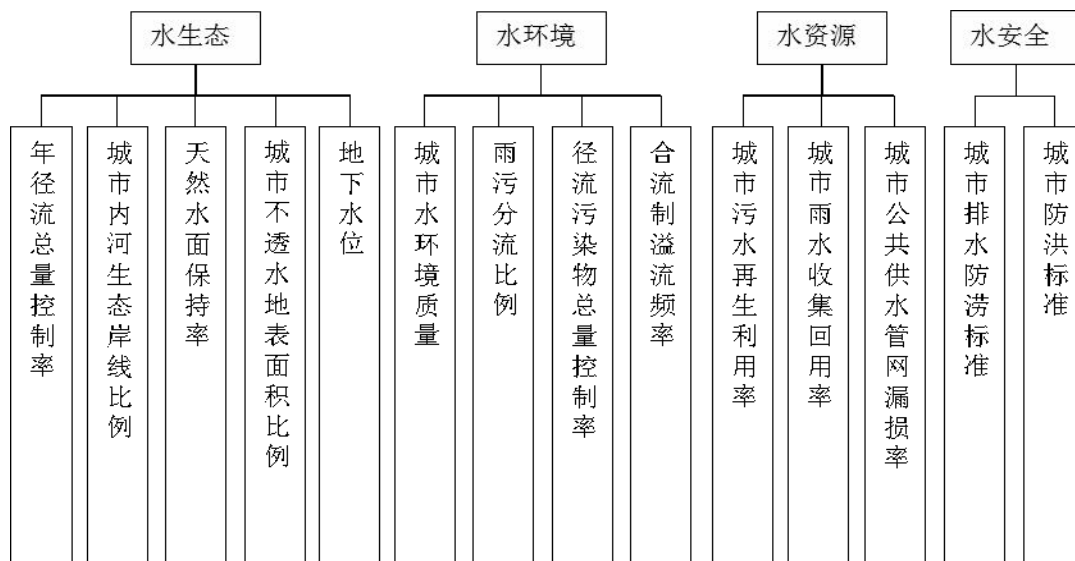


图 5-3 专项规划层面的指标树状图

专项规划层面控制指标分为强制性指标和引导性指标。城市强制性指标是海绵城市专项规划目标实现的刚性要求，需在专项规划中予以明确，并作为专项规划的强制性条文内容；引导性指标则是非刚性要求，作为规划实施及下一阶段规划编制的技术参考。

海绵城市低影响开发雨水系统中的透水铺装、下沉式绿地、绿色屋顶等基面设施，通过城市不透水地表面积比例予以控制；而生物滞留设施、渗透塘等渗透设施在专项规划中主要通过年径流总量控制率予以总体把控。这两个指标与专项规划中的土地利用和绿化系统规划相关，应在划分管控分区时予以分解，在控制性详细规划中进一步细化落实。

海绵城市的污水管渠、雨水管渠和水质净化设施等常规雨水管渠系统主要通过城市排水防涝标准确定雨水管渠系统相关规模，通过雨污分流比例和合流制溢流

频率控制径流污染，通过城市污水再生利用率明确再生水利用，这四个指标在排水规划中予以确定。另外，在给水管网规划中应明确城市雨水收集回用率、城市公共供水管网漏损率和地下水位，与排水规划确定的城市污水再生利用率相衔接，共同增加非常规水源以减少新鲜水源用量，控制城市地下水位。

河流、沟渠、湖泊、坑塘、湿地等超标雨水径流自然排放和蓄滞空间，通过天然水面保持率、城市内河生态岸线比例、城市水环境质量、城市防洪标准四个指标进行控制，前三指标在水系规划中落实，城市防洪标准在防洪排涝规划中落实，通过超标雨水自然系统与调蓄池、地下管涵及深层调蓄隧道等人工调蓄设施共同实现，并与年径流总量控制率相互协调。

表 5-1 专项规划主要控制指标和要求一览表

类别	指标名称	指标解释及标准（要求）	指标类型
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的雨量占全年总降雨量的比例。年径流总量控制率=100%-全年外排的径流雨量占全年总降雨量的比例。	●
	城市内河生态岸线比例	城市内河范围之内，为保护城市生态环境而保留的自然岸线占岸线的比例，其中岸线特指水体与陆地交接地带的总称。	◎
	天然水面保持率	一定区域范围内天然承载水域功能的区域面积在不同年份的变化值。	◎
	城市不透水地表面积比例	城市不透水地表面积占城市建设用地面积的比例。 不透水地表是指水不能通过其下渗到地表以下的人工地貌物质，诸如屋顶、沥青或水泥道路以及停车场等均为具有不透水性的地表。一般而言，不透水地表的土壤渗透系数小于 10^{-6} m/s。	◎
	地下水位	年均地下水潜水位。年均降雨量超过1000mm 的地区不评价此项指标。	◎
水环境	城市水环境质量	江河、湖泊、运河、渠道、水库等具有使用功能的地表水水域水质标准。建议海绵城市建设后至少应达到地表水Ⅳ类标准，且不得劣于现状水质。	●
	雨污分流比例	通过排水设施将雨水和污水分开，各用一条管道输送，进行排放或后续处理的排污总量占总排污量的比例。	◎
	径流污染物总量控制率	应结合城市水环境质量要求、径流污染特征等确定径流污染综合控制目标和污染物指标，一般可采用SS 作为径流污染物控制指标。径流污染控制目标也可通过径流总量控制来实现，并结合径流雨水中污染物的平均浓度和低影响开发设施的污染物去除率确定。	●
	合流制溢流频率	暴雨条件下，截流式合流制管渠系统雨水混合污水年平均溢流排入受纳水体的次数。	◎
水资源	城市污水再生利用率	污水再生利用量与污水处理总量的比率。再生水包括污水经处理后，通过管道及输配设施、水车等输送用于市政杂用、工业农业、园林绿地灌溉等用水，以及经过人工湿地、生态处理等方式，主要指标达到或优于地表水Ⅳ类要求的污水厂尾水。	●
	城市雨水收集回用	利用一定的集雨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	◎

	率	送或现场使用方式予以利用的水量占降雨总量的比例。	
	城市公共供水管网漏损率	管网漏水量占供水总量的比例。这是衡量一个供水系统供水效率的指标。	◎
水安全	城市排水防涝标准	主要包括雨水径流控制标准、雨水管渠设计标准、内涝防治设计标准。雨水径流控制标准是指用于确定城市雨水径流量控制、源头削减标准；雨水管渠设计标准是指用于雨水管渠设计的暴雨重现期；内涝防治设计标准是指用于进行城镇内涝防治系统设计的暴雨重现期，使地面、道路等地区的积水深度不超过一定的标准。	●
	城市防洪标准	城市河湖水系防洪设计标准	●

● 强制性指标或要求

◎ 引导性指标或要求

5.3.2.3.海绵城市建设分区

管控分区是海绵城市规划设计中衔接总体目标和地块指标的关键工作环节，通过合理划分区域，确定分区边界，分区分类确定海绵城市建设策略，并进行指标分解。

管控分区划分方法。根据城市总体规划的用地布局，根据城市不同区域的特点和海绵城市建设中需重点解决的问题进行分区，如：旧城区与新城；滨河滨湖区、山区、水生态与水环境修复区、地下水回补区；按城市用地功能分为工业区、高密度商业区、大型住宅区等。

（1）管控分区划分的技术要求

1）系统分析城市用地功能布局、竖向、水文地质、排水分区、流域边界特征，进行源头、中途、末端不同空间层次，地块、区域、城市及流域不同空间尺度上的径流控制策略比选，最大程度解决本区域及相邻区域的雨水问题。

2）宜以水系、高程较高的城市快速路、主干路、铁路和高速公路等作为重要的分水岭和边界，并结合自然界线、行政区划、场地情况等条件划分区域。

3）邻近的同一功能类型的建设用地或建筑群宜划分在同一个管控分区内；影响降雨产汇流的建筑密度、绿化率、不透水面积比例、土壤渗透率等指标相近的区域宜划分在同一管控分区内。

4）管控分区的划分应充分结合雨水排水分区。

5）管控分区之间宜有起缓冲作用的公共绿化带、生态廊道、防护绿地等弹性空间。

6）流域较小的河流两侧用地宜划分在同一管控分区内；流域较大的河流其两侧用地宜以河流为界划分在不同的管控分区内。

（2）管控分区步骤与内容

1）现状分析。①依据不同的建筑密度、不透水下垫面比率、绿化率等对降雨产汇流有影响的因素，对城市不同区域类型的现状条件进行综合调研分析；②依据不同的坡度方向、竖向条件等对雨水汇水方向有影响的因素，对城市的现状地形、竖向条件进行调研，对重要的分水岭、分水线、汇水通道等影响管控分区的条件进行分析总结；③对城市中河流、沟渠、湿地、泄洪道等重要的行洪排水通道进行现

状调研分析；④识别海绵城市建设的重点区域，结合城市发展方向、专项规划的用地布局、近期旧城改造计划和海绵城市建设拟解决的问题，按照新旧结合、示范带动的原则，优先选择城市水环境问题比较严重的区域或者易涝点集中区域，作为海绵城市建设的重点区域。

2) 合理划分区域。在现状分析的基础上，根据城市功能区划、功能用地的空间分布、土壤、植被和河流水系的分布情况及拟解决的重点问题等，进行海绵城市建设分区。

3) 明确各分区规划目标与指标分解。针对每个管控分区提出相应的强制性指标和引导性指标，以分解并承接海绵城市所提出的径流控制目标。

4) 明确各管控分区径流总量衔接方式。针对每个管控分区提出各自的积水内涝解决方案、雨水利用策略、超标雨水径流出路，以实现各管控分区之间指标衔接平衡。

5.3.2.4. 竖向规划

竖向规划是实现城市雨水径流控制和塑造生态优美景观等建设目标的重要途径。海绵城市竖向规划应结合地形、地质、水文条件、年均降雨量及地面排水方式等因素合理确定，并与防洪、排涝规划相协调。海绵城市竖向规划优化工作包括：

（1）现状分析。运用 GIS 等技术手段分析城市用地的竖向情况，包括用地的坡度、控制点高程、地面形式、场地高程、坡向、用地排水等。分析城市现状道路高程情况，包括道路的纵坡和排水情况。分析城市中重要的护坡、挡土墙、堤坝等防护工程情况。

（2）明确排水分区的主要坡向、坡度范围。通过竖向分析确定各个排水分区主要控制点高程、场地高程、坡向和坡度范围，并明确地面排水方式和路径。

（3）识别城市的低洼区、潜在湿地区域。通过竖向分析，识别城市现有竖向条件下的低洼区和潜在湿地区域，提出相应的竖向规划优化设计策略。以减少土方量和保护生态环境为原则，宜优先划定为水生态敏感区，列入禁建区或限建区进行管控。

（4）利用模型模拟的方式方法，对现状和规划道路的控制高程进行模拟评价。识别出易涝节点，对道路控制点高程进行优化设计，如道路场地受限时可局部路段与周边用地进行协调设计，通过低影响开发措施进行雨水径流控制和蓄滞。易涝区

周边的城市公共空间宜结合规划布局进行优化调整，设置为绿地或下沉式广场等低影响开发目标的功能用地。

（5）在编制跨越溢洪道、排涝河道、沟渠等过水设施的道路竖向设计时，其高程控制点应与满足过水设施防洪排涝标准的净空高度相协调。

5.3.2.5.用地功能布局

根据海绵城市建设要求，提出用地空间布局优化建议。切实落实保护优先的原则，科学划定城市禁建区和限建区，从用地选择的源头确保城市开发建设对原有的自然生态系统的破坏和原有水文过程的影响降低到最小。

（1）协调管控分区指标与用地功能布局如果存在以下情况，需对用地空间布局要提出调整意见和建议：①城市河湖、坑塘、湿地、天然沟渠等水敏感性区域被侵占；②城市内涝高风险区布置了学校、医院、行政办公、住宅等对水安全要求比较高的用地；③城市行洪和重要排水通道被侵占。

对不能满足城市径流控制目标的原有城市功能分区进行优化布局，增加满足海绵城市建设目标的绿地、广场、水体等开放空间，合理增设绿化屋顶等海绵城市建设雨水设施。对城市下垫面产汇流高的建筑连绵密集地区，或者原有功能布局对产汇流有影响、易产生积水内涝问题的地区，应对原有城市总体规划功能布局进行优化，适当增加绿化带、人工水系、沟渠等雨水调蓄空间载体。

（2）优化低洼地区用地功能布局在城市用地规划中，应优先将城市规划区内的山、水、林、田、湖等生态资源划为水生态敏感区，并纳入城市禁止建设用地范围；将城市局部低洼地区及内涝高风险地区优先划定为城市限制建设区，或者规划为公园、绿地、广场等建设区和蓄滞洪区。其中，划入城市滞洪区范围内的用地，应以公园、防护绿地、湿地等为主。

（3）确定海绵城市相关设施用地的控制范围在规划中应明确占地规模较大的调蓄池、泵站、渗透塘、调节塘等调蓄储存设施以及防洪堤、防洪枢纽、排洪沟渠等防洪排涝设施的布局，并划定用地范围。

（4）协调城市地上、地下雨水排蓄设施的用地性质应划定海绵城市所涉及的地下管涵、深层调蓄隧道等地下构筑物的控制范围，其地面用地性质应与之协调，避免与建筑基础等地上、地下工程造成冲突矛盾。

5.3.2.6.蓝线（水系）规划

按照海绵城市建设要求，城市蓝线（水系）规划应合理确定天然水面保持率等目标，明确水体调蓄功能和容量、泄流能力和规模，划定城市蓝线；并在水系保护、岸线利用、涉水工程协调等方面落实海绵城市要求。当新增水体或调蓄空间达到一定规模或与城市水系连通时，应纳入城市蓝线（水系）规划。城市蓝线（水系）规划主要有以下工作：

（1）分析、评价历史及现状水系在流域、城市、生态体系中的定位和作用，明确现状水面率，明晰水系联通、水生态、水环境、水资源、水安全等方面的现状及存在问题。

（2）优化城市河湖水系布局，保持城市水系结构的完整性，应尽量保护与强化其对径流雨水的自然渗透、净化与调蓄功能，实现自然、有序排放与调蓄。

（3）结合城市用地布局和生态结构，综合考虑排水防涝、防洪防潮等蓄滞需求，合理确定城市水域面积率及天然水面保持率。原则上要求开发建设后的水域面积不小于开发前，已破坏水系应逐步恢复至原有的水系；用地允许的条件下，在地势低洼的区域可适当扩大水域面积，以提高城市水体的雨水蓄滞能力。

（4）根据竖向分析及用地情况划定滞洪区四至范围，确定滞蓄容量。根据水体产汇流情况，明确具有雨洪调蓄作用的湖泊、坑塘、河流等水体，明确水域面积、调蓄容量和水位管控等措施。

（5）确定泄洪河流通道，在不使下游水文条件发生显著变化或萎缩的前提下，合理确定河流的断面流量，明确其防洪标准和断面形式、宽度、深度、水位及泄洪能力。

（6）根据《地表水环境质量标准》（GB 3838）确定江河、湖泊、运河、渠道、水库等功能性地表水域的环境质量目标，建议至少达到对应的地表水功能区划标准，且不得劣于现状水质。

（7）优化岸线形态，保护和修复生态岸线，改造硬质岸线。岸线改造应体现“保护优先”的原则，在岸线利用时，将具有生态特征和功能的水域岸线划定为生态岸线。对于一些水生态功能受损、过度硬化的“三面光”的河道，在满足防洪要求的前提下，提出生态修复方案。在生产性、生活性岸线周边，在满足防洪要求的情况下，应结合周边开发功能及建设形态，合理布局河岸缓冲带、生态滤池等水质保护措施，将硬质岸线优先改造为自然岸线，将水体利用与游憩休闲设施结合，与滨水空间特色、城市形象相协调，塑造亲水空间。

（8）对于城市规划区内的河湖、坑塘、沟渠、湿地、滞蓄洪区等需要划定蓝线的对象进行分析，提出蓝线控制的范围，科学划定城市蓝线，明确受保护水域的面积和基本形态，并提出控制要求和措施。

5.3.2.7.给水规划

落实海绵城市建设要求的城市给水工程规划，应体现节水原则，强调雨水资源化利用。

（1）现状分析。对城市地下水资源的存在形式、储量、水质、地下水位、开采及补给条件、地表水资源的分布情况、水质情况及可供水源情况进行调研，并进行水资源平衡分析；对城市现有集中供水厂的供水规模、设计规模、处理工艺、出厂水质标准和现有供水普及率进行调研，并了解自备水厂和水井的情况，对总供水量、水源类别、重复利用率及非常规水源供水情况进行分析总结；对城市现有缺水情况进行调研总结，对未来水资源短缺情况进行分析；对城市现有的雨水利用工程项目进行调研，对雨水利用方式、利用量、设施分布等雨水利用情况进行分析总结。

（2）根据城市水资源条件及雨水回用需求，确定雨水资源化利用的总量、用途、方式和设施。

（3）将雨水资源作为给水水源之一，确定雨水资源回用率及其占城市供水量的比例。提出雨水回用水源与其它水源具体的协作供给方式。

（4）依据“优质优用、低质低用”的节水原则，明确节水目标，并因地制宜提出多水源供水方案，确定雨水、中水、海水淡化等各种非常规水源供给量，规划多水源协同供水的方式方法。

（5）在合理确定污水处理再生利用率的基础上，规划中水利用，并合理布置相应的配套设施，明确中水利用的用途和方式。

（6）依据管控分区的范围以及规划目标和指标，划定雨水资源利用分区。将雨水资源利用目标分解至各个雨水资源利用分区。在雨水资源利用分区中规划分布式的雨水桶、雨水池、多功能调蓄池等雨水回用设施，并确定其合理的容量规模，使之与给水规划用水量指标相衔接。

5.3.2.8.排水防涝规划

排水（雨水、污水）、排水（雨水）³⁴防涝系统主要承载了海绵城市建设的中

尺度径流污染控制、排水和内涝防控的功能。

（1）现状分析。对城市现状的排水（雨水、污水）分区情况进行调研，包括排水（雨水、污水）工程的设计标准及明沟、暗渠、管道等设施的断面尺寸、管渠长度、走向、坡度、排水去向等情况；对城市污水接纳体和雨水接纳体排泄能力及容量等情况进行分析；对城市积水地区的积水原因和淤积情况进行分析总结。

（2）在合理确定低影响开发雨水系统规模的基础上，按照《城市排水工程规划规范》（GB50318）、《室外排水设计规范》（GB50014）等规范确定雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统的设计重现期标准。

（3）因地制宜按照雨污分流制规划设计污水和雨水管网。对现有合流制管道进行规划改造，应根据实际条件，将合流制管道调整为雨水或污水管道，然后重新规划设计雨水或污水管道。对于改造确有难度的区域，应在合流制管道接入分流制管道的节点处设置截污溢流设施。

（4）确定污水处理再生利用率，提出回用用途及回用方式。

（5）明确城市面源污染治理规模和方式。计算城市污水处理厂的规模时，应充分考虑城市面源污染治理，尤其是初期雨水污染治理的需求。因地制宜的布局初期雨水弃流设施和合流制溢流污染控制设施，并落实相关用地需求，尤其是大型调蓄设施用地。

（6）对改造代价较大的老旧城区、城中村，或改造难度较大的下游管渠系统，可在技术经济分析的基础上，合理增加海绵城市设施标准来实现管渠改造目标。

（7）因地制宜合理规划管渠系统。新建区雨水管渠系统应结合低影响开发设施，合理规划雨水管渠布局设计。

（8）在地形条件较好的丘陵和坡度条件下，地下管道和地表排水条件已经达到或超过排水防涝标准的城区，应避免盲目地全部重建管道系统。

5.3.2.9.防洪规划

城市防洪规划主要承载了海绵城市的超标雨水径流排放，是海绵城市的组成部分。

（1）现状分析。对城市防洪风险情况，以及主要高风险区和薄弱区域的分布情况进行调研分析；对城市主要的排水防涝和防洪设施的规划设计标准及分布，以及城市历史洪水和内涝灾害情况进行调研分析；对江河湖海等超标雨水排放系统的

水位、流量、流速、水量、洪水淹没界限等水文资料进行调研；了解掌握大的河流域范围、流域布局等现状情况；对现有的超标雨水径流系统的设施位置、规模、设计标准、建设情况进行调研分析。

（2）根据城市的等级和人口规模，合理确定城市防洪系统的设计洪水或潮水重现期和内涝防治系统的设计暴雨重现期。

（3）梳理城市现有自然水系，优化城市河湖水系布局，保持城市水系结构的完整性，实现雨水的有序排放、净化与调蓄；将受破坏水系逐步恢复至原有自然生态系统状态；在用地条件允许的情况下，地势低洼的区域可适当扩大水域面积。

5.3.2.10.绿地系统规划

城市绿地对自身及周边区域雨水具有较强的渗、滞、蓄、净能力，是海绵城市建设中重要的载体，应在保障其为居民提供游憩场地和美化城市等功能的基础上，统筹考虑绿地系统自身及周边雨水径流的整体控制，因地制宜的规划雨水径流路径，合理选择低影响开发设施，实现复合生态功能。

（1）现状分析。采用将航片解译与地面普查相结合的方法，在全面了解城市范围内绿地和绿化建设现状的基础上，采用模型模拟和高程分析等方法，对于城市中的低洼区域、坑塘密集区域和内涝汇水区域进行解析，提炼影响海绵城市建设的绿地系统现状条件与问题。

（2）绿地系统规划除了落实绿地率（公园服务半径）、公园绿地面积（人均公园面积）等相关指标要求外，还应结合海绵城市建设要求，优化绿地系统布局，调整相应规划指标和目标。明确公园绿地的年径流总量控制率、汇流面积、雨水调蓄容积等指标，分担区域的径流控制目标。基于规划区域设计层面对低影响开发设计的了解程度、实施经验以及平面审查要求，也可进一步提出不透水面积比例、水面率、下沉式绿地率等要求，但应妥善考虑地区实际条件，避免对后期方案造成限制，反而限制方案合理性。不透水面积比例不包括地下覆土建筑、硬质水池面积等。

（3）结合海绵城市建设要求，提出绿线控制的范围或宽度，划定城市绿线。城市绿线划定时应与城市蓝线相衔接，共同加强对水系廊道的保护与控制。在城市内部河流沿线的开敞空间设置类型丰富、具有雨洪滞蓄净化功能的滨水绿化、滨水公园，并与涉水工程、公共景观相协调，营造水生态空间。

（4）城市建设区内绿地公园的布局应遵循均好性原则，建立区域、城市、社

区三级公园体系，形成均衡布局、公共性强的绿地公园系统，在保证市民5-10分钟步行可达的同时，为分区分散调蓄雨水创造条件。

（5）与城市排水防涝系统规划相衔接，结合绿地建设合理规划城市排水防涝设施，明确其布局、竖向和功能等。

5.3.2.11.道路交通规划

城市道路是为各类交通活动提供空间的载体和城市地下各种管线埋设的走廊，往往承担周边小区大量客水的汇流，同时，城市道路也是雨水径流及其污染物产生的主要场所之一。雨水径流中包含大量机动车产生的污染物，道路积水是城市内涝主要的表现形式之一。因此，道路交通规划优化是海绵城市规划中的重要内容。

道路交通规划一方面要按照现有的人行道入渗、下凹式桥区设置调蓄池的设计方式进行设计，同时应根据海绵城市建设理念及控制目标，削减地表径流和控制面源污染。

（1）现状分析。在城市道路网规划的基础上，全面了解道路网及周边用地、地形、地物、河流、绿地等；明确历年道路内涝情况，并借助模型模拟和现状调研等方式确定城市易积水道路路段的位置、范围，分析道路内涝成因和径流特点；分析确定城市易积水下凹式桥区、地下通道、地铁入口等内涝易发道路交通节点；根据场地条件，明确重要道路水涝点或排水难点的分布、已有的道路排水设施现状、周边绿化空间的特点等。

（2）结合各条道路功能及道路条件，综合考虑水文地质、施工条件以及养护管理方便等因素，因地制宜地确定低影响开发的目标和原则。

（3）在满足道路交通安全等基本功能的基础上，充分利用城市道路自身及周边绿地空间落实海绵城市建设设施。根据不同道路等级的功能要求，结合道路横断面和排水方向，利用道路的绿化带、车行道、人行道和停车场建设下沉式绿地、植草沟、雨水湿地、透水铺装、渗管/渠等低影响开发设施，通过渗透、调蓄、净化方式，实现道路的海绵城市建设控制目标。

（4）对于城市中重要的下凹式桥区、地下通道等交通节点，提出低影响开发控制目标，并制定具体调蓄池、雨水渗透等低影响开发设施控制策略。

（5）对于城市易积水的重要道路路段，制定具体的低影响开发雨水径流控制策略，确定径流控制目标。

（6）根据城市的道路特点，确定道路最大积水深度、一般道路一定时间内的积水深度、下凹桥区一定时间内的积水深度等控制指标。

（7）对不同等级的道路两侧绿地提出落实海绵城市理念的建设指引，如竖向设计、道路断面设计、树种搭配、初期雨水控制设施、绿化带设置方式（生物滞留带、下凹式绿地、植草沟）等，有效净化、吸纳、调蓄道路径流，减少道路雨水径流污染，提升道路排水能力。

（8）根据海绵城市建设要求，优化道路断面。具体措施有：

①城市道路横断面布置在满足行车功能的前提下，应尽量设置连续绿化带，以减少道路红线范围内的径流面积，并考虑利用其作为路面排水的调蓄设施。

②城市道路横断面中的非机动车道、人行道、步行街和停车场应采用透水铺装，以渗透为主；未经净化处理的机动车道路汇集的雨水不能直接入渗。

③城市道路横断面中的绿地及开放空间在满足景观效果和交通安全要求的基础上，应充分考虑承担道路雨水汇入的功能。通过建设下沉式绿地、道路雨水花园等低影响开发设施，提高道路径流污染及总量等控制能力。

（9）合理确定低影响开发雨水系统与城市道路设施空间协接关系（如下表所示）。城市道路雨水入渗设施可采用绿地、透水铺装等方式。因城市道路不适合采用透水铺装而产生的不符合直接入渗的雨水，应充分利用两侧绿化带、立交桥区绿地、道路周边绿地设置下沉式绿地、蓄水池、调节塘等调蓄设施，经调蓄、适当净化处理后排入雨水管网。

表 5-2 各等级道路低影响开发设施选用一览表

代码	单项设施		路面部分			其他部分			
			机动车道	非机动车道	人行道	中央分隔带	两侧分隔带	路侧绿化带	立交桥区绿地
1	透水砖铺装		○	○	●	—	—	—	—
2	透水水泥混凝土路面	全透式	○	●	◎	—	—	—	—
3		半透式	●	○	○	—	—	—	—
4	透水沥青路面	I 型	●	○	○	—	—	—	—
5		II 型	●	○	○	—	—	—	—
6		III 型	○	●	○	—	—	—	—
7	集雨型绿化隔离		—	—	—	◎	●	○	—
8	入渗绿化隔离带		—	—	—	○	○	●	—
9	环保型雨水口		●	○	○	—	—	—	—
10	雨水弃流井		●	○	○	—	—	—	—
11	下沉式绿地		—	—	—	◎	●	●	●
12	雨水调蓄池		—	—	—	○	○	○	●

注：●——宜选用 ◎——可选用 ○——不宜选用。

5.3.2.12.特殊地区的规划编制要求

对于规划区内的内涝易发片区、地质灾害严重地区、文物古迹密集区、内涝经济损失大的地区、山洪和泥石流高发地区、重要的生命线工程等特殊地区，应划定范围，提出具体的应对策略和措施体系。

（1）内涝易发片区对于城市内涝易发片区，应根据影响范围单独划定规划边界，提出径流总量和径流峰值控制目标，并与周边用地协调，构建低影响开发雨水系统，改造提升雨水管渠系统，结合河流、坑塘等条件提出超标雨水径流的排放出路。

（2）文物古迹密集区对于易受内涝影响的城市紫线范围内及周边建设控制区应单独制定内涝防治措施，保证现有水系面积变化率不会出现负增长。紫线范围内因保护文物而不能实现径流控制目标的，应与周边控制区范围作为一个整体统一进行径流控制，实现海绵城市建设目标。

（3）旧城区旧城区改造往往涉及面广、实施难度大，如处置不当，可能会严重干扰城市正常运行和市民生活。所以，对旧城的海绵城市建设，不应该局限在简单地对不达标的管道进行全面改建，或大范围建设地下调节池或调蓄隧道，必须进行深入研究、多方案比选、详细的技术经济可行性和社会接受度分析。

（4）山洪、泥石流高发地区可针对有历史记录的山洪、泥石流高发地区，通过模型模拟、监测等多种手段进行详细分析计算，确定山洪、泥石流高发地区雨水系统改造的主要内容、时序和重点。通过源头控制设施的建设、现况雨水管渠改造、蓄排系统组合、不同防洪设施布局等一系列工程手段控制疏导山洪、泥石流灾害。

5.3.2.13.近期建设规划

（1）海绵城市近期建设规划是落实专项规划的重要步骤。近期建设规划中海绵城市建设的基本任务是：结合城市水资源、水环境、水生态、水安全等目标，确定近期建设区域，明确近期实施的海绵城市建设目标、建设任务和建设时序；确定近期建设的项目、规模、空间布局以及投资规模和来源等。

（2）技术要点

1）根据城市总体规划确定的用地布局及相关要求，依据国民经济和社会发展规划，结合土地利用专项规划的相关内容，基于示范先行的原则，确定海绵城市近期重点建设的范围，并与城市总体规划确定的近期城市建设范围相协调；

2）根据城市总体规划中海绵城市建设规划的控制目标和指标体系，结合区域本底特征和开发建设的实际情况、实施难易程度、资金分配和行动期限，确定海绵城市近期建设目标和相对应的指标；

3）确定近期海绵城市建设的用地范围和主要设施布局；

4）明确近期规划低影响开发主要项目的建设规模、重要时间节点及相应的建设目标实现程度，并落实相关建设任务。重点建设任务是与海绵城市建设相关的城市供水、排水防涝、污水处理及再生利用、河湖水系的水环境治理与生态修复、防洪、节水、绿地等重大低影响开发项目；

5）结合海绵城市建设道路规划内容，明确近期建设的海绵城市道路交通设施建设策略和计划；

6）确定控制和引导海绵城市近期发展的保障措施等。

5.3.2.14.规划实施保障措施

（1）加强海绵城市建设的规划管控。结合规划的编制，提出从专项规划到详细规划、专项规划逐步落实海绵城市建设要求的建议，重点明确控制性详细规划中需增加的海绵城市建设相关刚性指标，并结合城市规划的管理和审批流程、手续，

结合城市规划的一书两证的发放，提出落实海绵城市建设的要求。

（2）建立海绵城市建设管理和协调工作机制。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，同时加强对项目特许经营公司的指导、管理和监督，稳步推进海绵城市建设。

（3）建立健全财政投入保障机制。出台相关政策，完善投融资机制，在努力争取国家资金投入的同时，地方政府应积极筹措资金，通过多元化的投资渠道，保证配套资金及时到位，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）建立海绵城市建设专家咨询和论证制度。组织有关专家全过程参与海绵城市规划、建设和管理工作，提供必要的智力支持和咨询意见，进一步提高决策的科学性。

（5）依靠科技创新，加强基础设施建设，提高海绵城市建设水平。加强海绵城市理论与方法的研究，为制定方略、试点的动态管理提供决策依据。加强新方法、新技术、新工艺、新材料的研究，以提高工程设计水平，优化设计方案，节省工程投资。

5.3.3.成果表达

海绵城市专项规划的成果一般包括规划文本、规划图纸和说明书。主要涉及的成果表达如下：

（1）在专项规划文本、说明书中，在城市总体规划法定内容的基础上，介绍海绵城市分区、竖向规划、保障措施和特殊地区编制要求等文字内容，并分别在现状分析、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阐述海绵城市的相关内容和要求；

（2）在规划图纸中，应在原城市总体规划中的用地布局、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的基础上，表述有关海绵城市相关要求的规划内容或设施的图示；绘制海绵城市建设情况现状图、管控分区区划图、管控分区建设指引图、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.海绵城市详细规划编制要求

5.4.1.综述

详细规划应综合考虑水文条件等影响因素，以总体规划中的海绵城市规划指标和相关内容为指导，进一步分解控制指标至地块，进一步在竖向、用地、水系、给排水、绿地、道路、竖向等专业的规划设计过程中落实海绵城市的要求。

海绵城市详细规划的上位规划是海绵城市专项规划，其编制的基础是规划编制范围内的控制性详细规划，同时应与涉水、绿地系统、环境保护等其它相关规划相协调，编制深度与控制性详细规划编制深度相匹配。同时，海绵城市详细规划的编制成果，可以作为控规的编制依据，对于控规新编或者修编的区域，尤其是新建区，建议将海绵城市详细规划与城市控制性详细规划同步编制。

具体应包含以下内容：

（1）分析规划范围内海绵城市建设存在的问题，结合上层次规划及相关规划，提出解决思路。

（2）在详细规划管理单元层面，根据城市各类用地的比例进行海绵城市建设相关指标分解，并将控制指标落实到基本地块，确保整个详细规划管理单元满足控制指标要求。

（3）落实蓝线，明确地表水体保护和控制的地域界线（蓝线）及控制要求，保护水文敏感区域。

（4）结合排水防涝（雨水）综合规划，明确内涝高风险地区，采用综合措施达到排水防涝的规划标准。

（5）落实绿线，提升绿色开敞空间的生态品质，融入雨水的渗、滞、蓄、净、用等复合功能。

（6）在确定道路横断面形式时，应考虑本地道路雨水径流量与水质控制设施的布局要求。

（7）制定低影响开发设施建设时序及重点，明确规划管理措施，根据实际情况提出分期实施的策略。

（8）在详细规划图则中，应给出相关低影响开发措施的建设内容指引。

5.4.2.编制技术要点

5.4.2.1.现状分析

（1）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；

（2）分析影响海绵城市建设的现状条件与问题，提炼出规划区海绵城市建设需重点解决的问题，如低洼地区的范围和成因、水系的保护和修复、排水（雨水、污水）系统完善、水环境治理等。

（3）落实上层次规划确定的水生态安全格局，优化和细化水体、湿地、洼地、自然径流通道、洪泛区等水生态敏感区，通过保护水系统的关键空间格局来维护水文过程的完整性。

5.4.2.2.管控分区

为将海绵城市专项规划的规划要求和指标落实到详细规划的地块或专业技术内容中，可在规划管控分区的基础上，进一步进行管控分区的细化与分析，以更好的体现本地区特点，并引导海绵城市指标分解等相关工作。

（1）在分区划定过程中，可依据规划区现状、地表竖向和分水岭、土地利用、河流水系、管网布置等情况，综合考虑行政区划、道路、绿化带情况，充分体现本地区的空间结构、用地布局、土地开发强度等影响因素，确定管控分区的原则、边界和方式。

（2）大、中城市可以在总体规划确定的管控分区基础上依据地方详细规划编制导则细分为若干个详细规划单元，每个单元承接并细分管控分区确定的控制指标和要求，不同单元可依据现状条件确定各自适宜的控制指标，单元之间进行指标衔接和平衡；小城市、镇的详细规划单元宜与总体规划确定的管控分区一致，以便于详细规划单元更好的承接管控分区的控制指标。

（3）分区确定后，应结合现状，明确各分区海绵城市建设适宜适用的主要技术类型。

（4）明确各分区海绵城市建设的主要目标和方向，全面落实上层次提出的海绵城市控制指标和要求，为指标分解到地块奠定基础。各管控分区应尽可能达到本区的海绵城市建设目标和要求，并结合自身特点，合理承担相邻分区的雨水问题。

管控分区的划定因素和建设目标要求见下表，各地可参考本地情况因地制宜的进行分区。

表 5-3 详细规划中管控分区的建设要求

地区类型	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

5.4.2.3.规划指标及其分解

在详细规划的层面上，海绵城市专项规划内容为指导，根据管控分区确定的相关要求以及具体地块的用地性质、开发强度等，将专项规划层面的技术指标分解到地块。这些指标也分为强制性指标和引导性指标。增加海绵城市相关的 控制指标和设施，为规划许可提供参考。

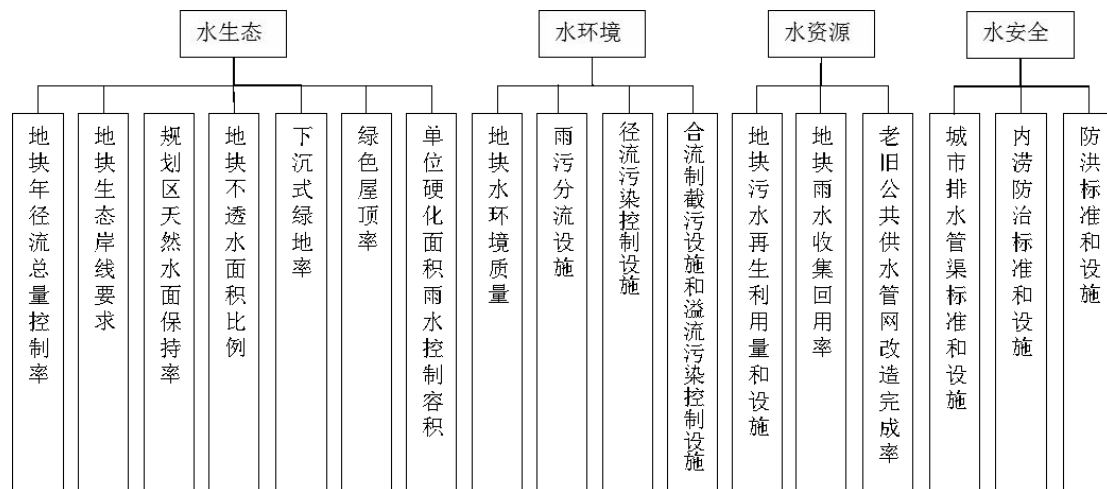


图 5-4 详细规划层面的指标树状图

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。其中，地块年径流总量控制率等地块控制性指标和要求可作为强制性控制指标，纳入规划许可条件；引导性指标和要求可供下阶段修建性详细规划或建筑设计参考，因地制宜配套建设雨水渗、滞、蓄、用等收集利用设施。

指标分解时，必须结合本地降雨、土壤特性，评估地块海绵城市控制指标的可行性、科学性和合理性。应重点考虑以下几种技术方法或技术方法的结合：①水文计算与模型评估模拟；②已建成海绵项目的监测评估结果；③类似地区同类项目的经验；④国家相关规范或标准规定值等。

表 5-4 详细规划落实总体规划指标和要点的主要方式

类别	专项规划指标和要求	详细规划指标	指标解释	详细规划主要落实方式	
				落实到地块指标	落实到空间、城市设计、市政等内容
生态	1. 年径流总量控制率 2. 城市内河生态岸线比例 3. 天然水面保持率 4. 城市不透水地表面积比例 5. 地下水位	地块年径流总量控制率	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的雨量占总降雨量的比例。	●	●
		地块生态岸线要求	地块内，对于保护城市生态环境而保留的自然岸线提出的规划设计要求。	●	●
		规划区天然水面保持率	地块范围内天然承载水域功能的区域面积在不同年份的变化值。	——	●
		地块不透水面积比例	地块内不透水地表面积占地块总面积的比例。	◎	——
		下沉式绿地率	规划范围内的下沉式绿地面积占绿地总面积的比例。下沉式绿地率=下沉绿地面积/绿地总面积。广义的下沉式绿地泛指具有一定滞蓄容积（在以径流总量控制为目标进行目标分解或设计计算时，不包括调蓄容积），可用于滞留渗透径流雨水的绿地，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，下沉式绿地的下沉深度一般为 100~300 mm。	◎	——
		绿色屋顶率	具有雨水滞蓄功能的绿化屋顶面积占建筑屋顶总面积的比例。 绿色屋顶率=绿色屋顶面积/建筑屋顶总面积。	◎	——
		单位面积控制容积	是指以径流总量控制为目标时，单位硬化汇水面积上所需低影响开发设施的有效滞留容积。（不包括后期会缓慢排放的雨水滞流容积。考虑的容积包括雨水花园、湿地、塘、池、模块等具有雨水滞蓄功能的设施的调蓄容积。） 硬化面积=总面积-绿色屋顶面积-绿地面积-透水铺装面积。单位面积渗蓄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。	◎	——
	6. 城市水环境质量	地块水环境质量	是指地块内的河流、水景、湿地、湖泊等水域的水质标准。	●	●

环境	7. 雨污分流比例	雨污分流设施	将雨水和污水分开，各用一条管道输送，进行排放或后续处理所采用的工程设施。	——	◎
	8. 合流制溢流频率	径流污染控制措施	低影响开发设施（绿色雨水基础设施），应结合城市水环境质量要求、径流污染特征等确定径流污染综合控制目标和污染物指标，一般可采用 SS 作为径流污染物控制指标。径流污染控制目标也可通过径流总量控制来实现，并结合径流雨水中污染物的平均浓度和低影响开发设施的污染物去除率确定。	●	●
		合流制截污设施和溢流污染控制设施	合流制截污设施是指截流合流制管渠将雨污混合水输送至污水处理厂所采取的工程设施；溢流污染控制设施是指削减截流式合流制管渠系统溢流进入受纳水体的污染物总量所采取的工程设施。	——	◎
资源	9. 城市污水再生利用率	地块污水再生水利用量和设施	地块内的污水再生利用需求总量，及为其供水的处理设施、管道及输配设施等设施的规划建设要求。	●	●
	10. 城市雨水收集回用率	地块雨水收集回用率	地块范围内利用一定的集雨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。	◎	——
	11. 城市公共供水管网漏损率	老旧公共供水管网改造完成率	规划年限内，按照《城镇供水管网运行、维护及安全技术规程》（CJJ207-2013）规定，规划区计划改造的老旧公共供水管网长度占老旧公共供水管网总长度的比例。	——	◎
安全	12. 城市排水防涝标准	城市排水管渠标准和设施	满足相应城市排水管渠设计暴雨重现期标准的雨水管渠、泵站及其附属设施。	——	●
		内涝防治标准和设施	用于防止和应对城镇内涝防治设计重现期降雨产生城镇内涝的工程性设施和非工程性措施。	——	●
	13 城市防洪标准	防洪标准和设施	河湖水系堤岸、蓄滞洪区、洪泛区等设施及防洪设计重现期	——	●

注：1、● 强制性指标或要求 ◎ 引导性指标或要求

2、基于规划区域设计层面对低影响开发设计的了解程度、实施经验以及平面审查要求，也可进一步提出不透水面积比例、水面率、下沉式绿地率等要求，但应妥善考虑地区实际条件，避免对后期方案造成限制，反而限制方案合理性。

5.4.2.4.用地布局

（1）利用城市设计方法对区域用地布局进行优化，在复核容积率和密度的基础上，通过城市设计推导出地块不透水面积比例、下沉式绿地率、绿色屋顶率等引导性控制指标，以指引修建性详细规划低影响开发系统的设计。

（2）结合区域排水分区、GIS 等数据分析和排水防涝专业分析，进一步明确低洼易涝高风险范围，对该区域地块的用地性质、开发强度、竖向等方面进行调整优化，避免建设开发可能面临的风险。

（3）对主要地表径流通道及其周边的用地进行统筹，合理布局公共绿地、开放空间和道路设施等用地。

（4）产汇流较高的商业、居住区等地块应与产汇流较低的学校、居住区公园等地块交叉布置，避免雨水径流过于集中。面积较大的产汇流高的区域，应通过水系、绿带等径流削减空间进行过度，并适当增加低影响开发设施以减少雨水径流。

5.4.2.5.竖向规划

进一步明确主要坡向、坡度、自然汇水路径、低洼区等内容。

（1）在竖向规划过程中，应尽可能尊重区域原有的地形地貌，尊重自然排水方向，减少对现状场地的大规模和人工化处理。

（2）应根据排水防涝需要、地下水位、地质条件影响及城市建设需求，统筹协调开发场地、城市道路、绿地和水系等的布局和竖向，使雨水径流有序地汇入道路、周边绿地系统、城市水系。

（3）应针对城市现有低洼区域提出相应的竖向规划优化设计策略。

（4）对于滨水地区的竖向规划，应规划和利用好近水空间，宜在滨水地带形成无障碍、易达、连续的公共空间，满足看水、亲水的同时，提升片区的环境品质、土地价值。

（5）地块的规划高程应高于多年平均地下水位，并比周边道路的最低高程高出 0.2-0.5m 以上。

（6）在有条件的地区，宜通过竖向设计，使雨水排出口内顶高程高于受纳水体的多年平均水位。有条件时宜高于设计防洪（潮）水位。

5.4.2.6.蓝线（水系）规划

（1）结合城市总体规划和蓝线（水系）规划所确定的规划区水域面积，细化并落实水面率、水系保护、水系利用等要求。通过对规划区现状条件的深入分析和评估，将水面率分解至本规划范围内各个单元地块，条件允许情况下可根据高程分析，划定地块建议的水域位置，以指导地块下一步的修建性详细规划的编制。

（2）根据规划区现状，分析水体、湿地、洼地、自然径流通道、洪泛区等水文敏感区，深化总体规划确定的蓝线保护范围，明确界址坐标、规模。

（3）细化落实总体规划确定的规划区水系的生态岸线、滨水缓冲带等相关规划要素，明确其形态、断面、尺度和材料等内容，并将其分解至详细规划单元地块，以确定地块生态岸线要求。

（4）落实总体规划相关内容和要求，将规划湿地等生态修复区域纳入蓝线控制范围。

（5）衔接蓝线内布局的水系、岸线、湿地、给排水设施等的布局。

5.4.2.7.绿地规划

（1）明确公园绿地系统的汇水服务范围、年径流总量控制率、不透水面积比例、水面率、雨水调蓄容积、下沉式绿地率等指标，分担区域的径流控制目标。

（2）落实绿线，明确区域绿地、城市绿地的范围和规模；并基于绿地的竖向、建设形态和功能要求，结合城市设计与城市景观，在保障绿地景观和公共空间功能的基础上，均衡布局城市绿地，收集回用雨水，消纳、净化自身及周边地块径流，并为市民提供更多的绿色游憩空间。

（3）增强绿地雨水的渗、蓄、滞、净、用等复合功能，结合地域特点，明确公园绿地的年径流总量控制率、不透水面积比例、下沉式绿地率、水面率、污水再生水利用量、雨水收集回用率等指标，增强绿地系统中的雨水渗、滞、蓄、净功能，分担区域的径流控制目标。

（4）对不涉及防灾避灾功能的绿地，在充分保护和利用场地原有植被与水系的同时，强化对绿地周边地表径流的调节作用，宜设置湿地、缓坡、下沉式绿地与森林景观等多层次的生态形态，维持或恢复场地的生物多样性，适度引导雨养型节水绿地的建设。

（5）在现状条件许可的情况下可将部分绿地规划成城市超标暴雨排放通道。

（6）树种规划应选择适宜本地气候和土壤条件的乡土植物、本土树种。

5.4.2.8.给水规划

（1）明确规划区范围内的分布式雨水资源回用设施的回用量、回用方式及回用的主要用途，将其分解至详细规划的单元地块，以确定详细规划地块雨水收集回用率指标，并根据不同条件确定雨水回用设施与城市给水管网的衔接关系，以调配枯水期的用水量。

（2）根据城市地形、规划布局、技术经济等因素，综合确定采用分质供水模式的区域，应规划设计再生水管网，确定再生水供水量和管网的布局、管径及其路由等内容，并将再生水供水量分解至单元地块，以确定地块污水再生利用量指标，并落实所必须的污水再生利用设施。

（3）针对老旧公共供水管网，提出改造方式和时序，并规划新的供水管网与主管网进行衔接。

5.4.2.9.排水防涝规划

（1）依据城市水环境质量区划和要求，明确规划区和重点地块（涉水）的水环境质量要求。

（2）根据总体规划确定的排水体制、内涝设计重现期标准和主干管网布局，进行规划区排水系统布局，确定排水管渠的路由、管规划区径、管底标高等内容。根据规划区的现状和功能要求，按雨污分流制布局相关管网和设施，并在地块中落实污水处理厂等设施。对合流制排水区域，应分析雨污分流改造的可行性，并布局合流制截留设施和溢流污染控制设施。

（3）根据详细规划中地块确定的径流控制指标，结合排水系统的管径和管网布局规划的基础数据，应用 GIS 和模型模拟软件进行内涝点评估和水文分析，进而对规划方案进行进一步的优化调整，最终形成达到海绵城市目标的排水防涝规划。

（4）提出地块控制径流污染的设施、方式及要求，以确定控制性详细规划的地块径流污染控制容积指标，指导下一步修建性详细规划的编制。

（5）将总体规划确定的年径流总量控制率根据现状条件的不同，因地制宜分解至详细规划单元的地块上，以确定每个地块的年径流总量控制率。如地块年径流总量控制率难以满足整体径流控制的目标，则应在详细规划单元范围内通过增加绿

地、水域面积或低影响调蓄设施的方法进行径流控制，以整体达到径流控制目标。

（6）在确定地块不透水面积比例、下沉式绿地率、绿色屋顶率等引导性控制指标的基础上，复核地块年径流总量控制率以确定单位硬化面积雨水控制容积的引导性指标。

（7）在用地布局、竖向规划优化调整、源头控制的基础上，结合专项规划和排水防涝综合规划等上位规划要求，明确管渠、泵站、滞蓄设施、超标雨水径流通道等综合性的排水防涝基础设施的控制界限，明确用地规模、位置、相关控制要求。

（8）在有条件情况下，应开展地形 GIS 分析，合理优化城市超标暴雨排放通道，使超标雨水安全、快速的排入水体。

5.4.2.10.防洪规划

按照专项规划防洪工程总体布局，明确规划范围内所涉及的城市防洪工程的等级和设计防洪标准，设计洪水、涝水和潮水位，细化并确定规划区内堤防、河道及护岸（滩）等设施工程；山地丘陵等特殊地区应规划确定防治山洪、泥石流等相应的防洪沟、护坡等设施。

5.4.2.11.道路规划

（1）根据规划区的路网结构、布局、道路等级及现状因素，确定各条道路的径流控制目标。并结合道路横断面和排水方向，提出各条道路低影响开发设施的内容和主要的布置方式。

（2）结合城市道路低影响开发断面形式，根据本地区道路特点及道路雨水径流水质，在确保道路安全的基础上，进一步细化道路断面、竖向设计，并与周边绿地或开放空间充分衔接。

（3）对于详细规划可能涉及的下凹式桥区、地下通道等交通节点、易积水的重要道路路段，应明确径流总量和峰值控制目标和指标，以及调蓄池、雨水渗透等低影响开发设施具体控制策略。

（4）充分利用道路人行道和慢行系统建设透水铺装和调蓄等设施；优先利用道路绿化带建设下沉式绿地、植草沟、雨水湿地、渗管（渠）等设施，通过渗透、调蓄、净化方式，实现道路低影响开发控制目标。

（5）对于规划范围内的总体规划所确定的城市易涝道路路段，分析其内涝形成原因，划定布局优化范围，提出优化策略和措施，通过调整周边用地性质、增加

道路低影响开发调蓄设施等方式控制地表径流。

5.4.2.12.特殊地区的编制要求

（1）涉及发展备用地、裸地、荒草地、闲置土地的，应进行综合治理，减少自然灾害和水土流失，并增强保水持水能力。

（2）涉及位于山体周边的城市建设区的，应布局山体截洪沟系统，减小汛期山区雨水对城市建设区的冲击。

（3）涉及从城市建设区内部穿越而过的生态廊道和绿地的，应结合场地竖向，增强其雨水入渗、滞蓄能力，并可作为城市建设区雨水径流调蓄、排放的辅助通道。

（4）涉及水系的，应统筹考虑流域、竖向、水资源、河流水体功能、水环境容量等因素，结合河道沿线绿地、蓝线、滞洪区，优先落实植被缓冲带、人工湿地、生物浮岛、生态型雨水排放口等低影响开发设施，并确定其断面形式、规模、建设形式和用地。

（5）涉及旧城区综合整治的，应重点针对公共空间开展工作，结合景观改造及公园、小游园和广场等建设，增加相关的低影响开发技术措施，如雨水花园、下沉式绿地、透水铺装、生态树池等。

（6）结合易涝区分析、排水管网竖向规划和雨水回用需求，进行雨水调蓄规划布点及规模设置，并协调好各市政设施的地下空间使用。

5.4.3.成果表达

编制成果由文本、说明、图集三部分组成，主要涉及的成果表达如下：

（1）在文本、说明书中，应在海绵城市专规划要求内容的基础上，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对海绵城市的相关内容和要求进行阐述；落实本规划在海绵专规中管控分区及其具体指标要求。

（2）在分图图则中，除原有规定外，补充海绵城市相关的蓝线、绿线、黄线、等规划控制内容；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）在地块指标控制表中，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）在图纸中，除在用地、绿地、竖向、道路、给水、污水、雨水等方面阐述海绵城市相关要求或设施的图示表达外，应增加管控分区分类图、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。

5.5.海绵城市系统化实施方案编制要求

5.5.1.综述

海绵城市系统化实施方案的上位规划是海绵城市详细规划。系统化实施方案应以详细规划为指导，从系统角度对海绵城市近期建设进行分析，落实与分解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系统化实施方案以及建设单位编制的一般地区的系统化实施方案中，均应落实上位规划确定的有关海绵城市建设规划内容要求和控制指标。

5.5.2.编制技术要点

5.5.2.1.现状分析

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。

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。

了解上位规划情况及其要求，包括城市管控分区要求、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。

5.5.2.2.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流程，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。

5.5.2.3.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，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。

5.5.2.4.主要控制指标复核

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强制性指标，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引导性指标。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。

5.5.2.5.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、植草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。

5.5.2.6.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、植草沟、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）城市绿地应与周边汇水区域有效衔接。在明确周边汇水区域汇入水量，提出预处理、溢流衔接等保障措施的基础上，通过平面布局、竖向控制、土壤改良

等多种方式，将低影响开发设施融入到绿地规划设计中，尽量考虑接纳周边雨水。

（6）合理设置预处理设施。径流污染较为严重的地区，可采用初期雨水弃流、沉淀、截污等预处理措施，在雨水径流进入绿地前将部分污染物进行截流净化。

5.5.2.7.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凹式绿地，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。

（5）协调道路与周边场地竖向关系，充分考虑道路红线内外雨水汇入的要求，通过建设生物滞留设施、透水铺装等低影响开发设施，提高道路径流污染及总量等控制能力。

5.5.2.8.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。

5.5.3.成果表达

系统化实施方案的成果一般包括规划说明书、图纸。

（1）在说明书中，应在上位海绵城市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、给排水等章节深化阐述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，除符合系统化实施方案法定内容外，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。

6.海绵城市的设计指引

进行海绵城市的设计首先需要对基础数据进行收集和分析，包括收集区域内水文特征、土壤类型、区域现状排水系统、透水情况等特性数据，以及对收集的基础数据进行分析，明确该区域的有利因素和限制因素等方面。在基础数据的收集和分析的基础上，结合海绵城市建设的目标，确定选用适合的建设项目和设施，并选定位置，从而确定最终的技术方案。

为更好指导海绵城市的设计，本部分主要从不同类型项目分类设计指引、不同类型用地推荐海绵城市设施和常见设施设计要点等几个方面，对设计进行指引。

6.1.海绵城市设计的原则

6.1.1.基本要求

（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。

（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。

（3）海绵城市设计一般由给排水、水利、园林、建筑、道路、结构、电气等专业协同完成。

（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。

6.1.2.设计流程

设计一般流程如下图所示。

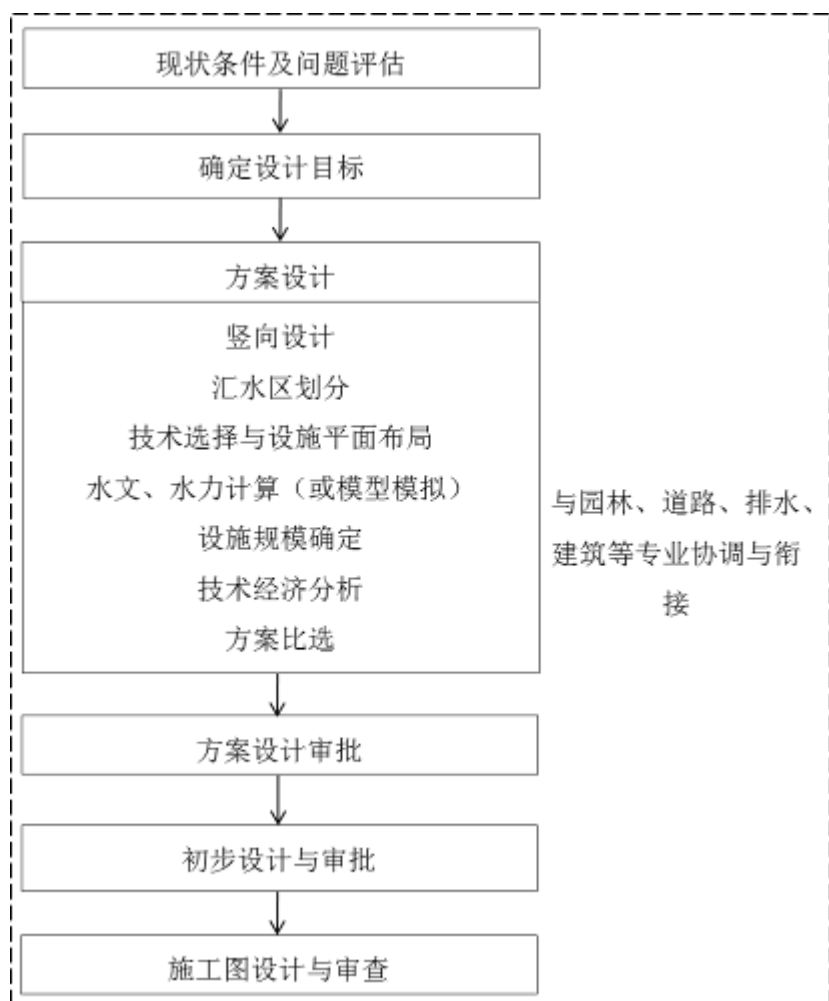


图 6-1 设计流程图

（1）低影响开发雨水系统的设计目标应满足城市总体规划、专项规划等相关规划提出的低影响开发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以雨水渗透、储存、调节等为主要功能的技术及设施。

（2）低影响开发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。

（3）低影响开发雨水系统设计的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。

（4）低影响开发雨水系统的设计与审查（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。

6.2.建设项目分类设计指引

6.2.1.河湖水系

城市水系在城市排水、防涝、防洪及改善城市生态环境中发挥着重要作用，是

城市水循环过程中的重要环节，湿塘、雨水湿地等低影响开发末端调蓄设施也是城市水系的重要组成部分，同时城市水系也是超标雨水径流排放系统的重要组成部分。

城市水系的水质保障主要靠降低排水系统的污染为主，以提高水系本身的自净能力为辅，大部分的城市水系流速较低，近似湖泊，自净能力较弱。进入水系的雨水要尽可能通过岸线边的人工湿地、湿塘等进行净化。

城市水系设计应根据其功能定位、水体现状、岸线利用现状及滨水区现状等，进行合理保护、利用和改造，在满足雨洪行泄等功能条件下，实现相关规划提出的低影响开发控制目标及指标要求，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。城市水系低影响开发雨水系统典型流程如下图所示。

将水系作为防治内涝，接受洪水的调蓄空间，一并设计，通过排水管网数学模型和水系模型确定两者的水位关系。

应考虑水系的生态联通，鱼游通道，保护水系生态。

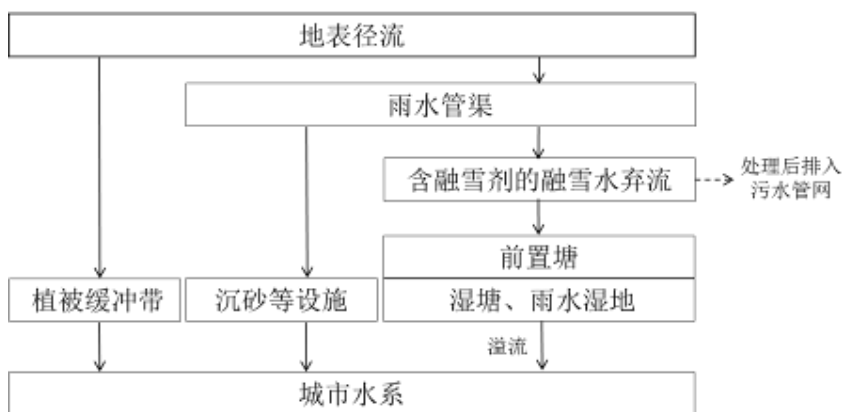


图 6-2 城市水系低影响开发雨水系统典型流程示例

（1）应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低影响开发控制目标与指标要求。

水质保护目标可达性分析应以水环境容量计算为依据，不能达到目标的必须调整水质保护措施。在技术可达基础上，还宜进行经济可达性分析，对由于城市经济发展水平不足而不能支持规划所提治理措施建设的，应对城市规模和产业布局进行调整，必要时也可适当调整水质目标，但城市集中饮用水源水质不得低于Ⅲ类，其他水体也不得低于Ⅳ类。

（2）应保护现状河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等城市自然水体。

水体、岸线和滨水区应作为整体进行水域保护，包含水域保护、水生态保护、水质保护和滨水空间控制等内容。

水域控制线范围内不得占用、填埋，必须保持水体的完整性；对水体的改造应进行充分论证，确有必要改造的应保证蓝线区域面积不减少，根据《城市水系规划规范》要求划定水域保护范围：

①有堤防的水体，宜以堤顶临水一侧边线为基准划定；

②无堤防的水体，宜按防洪、排涝设计标准所对应的洪（高）水位划定；

③对水位变化较大而形成较宽涨落带的水体，可按多年平均洪（高）水位划定。生态堤线布置应结合工程所在地实际地形、地质条件，根据河道防洪排涝的要求，兼顾生态环境保护 and 创造良好景观的需要，考虑城市整体建设规划及技术经济合理等因素开展。

一般情况下，堤线布置应以不侵占现有河道为原则，以保证不减小现状河道的行洪断面。堤线布置需要考虑的因素有：城市总体规划、防洪排涝规划、河道过流要求、地形地质条件、景观要求、用地要求、移民拆迁、工程投资等。

（3）水生态系统设计实现水生态的修复除需要采取截流污水、清淤疏浚等措施对污染源进行控制外，还需要通过建立平衡健康、良性运行的水生态系统来实现。

对于水生态系统构建，应在确保水源水质的基础上，以水环境综合整治、水生态修复为核心，结合水景观建设，通过对河道进行生态治理、构建河道滨岸湿地带、人工湖泊水生态系统打造及湿地建设、沿岸绿化等措施，构建起“水安全、水环境、水景观、水文化、水生态相互协调和有机组合的水生态环境系统”，打造绿色生态城市。同时水生态系统的打造，构建有生命力的河道和湖泊，实现稳定的水生态系统，对有效减少水系补水量的需求意义重大。

1) 水生态设计原则

①营造稳定自持的水生生态系统，优化水体自净能力。

②营造生态型驳岸，保证水土安全，并改善滨岸对污染的吸收能力。

③构建地带性顶级滨岸带植被群落，改善滨岸带生物多样性，提升滨岸带的吸收能力，同时通过采用本地植栽降低维护成本及灌溉用水需求。

2) 河湖生态化营造结合场地水系功能布局、各河槽结构及水生态环境愿景，

从生态系统、生态驳岸与生态植栽各角度出发，因地制宜地对城市水系实施生态化打造，分别营造：生态漫滩型、生态景观型和生态旱溪型河道。通过水生、湿生植被构建，优化沿岸湿地植被水质维护能力，强化水土保持功能，改善包括动植物在内的生物多样性，提升地方生态景观特色。

3）生态食物链设计完整的食物链可增强生态系统的稳定性，提升区域生物多样性程度，加强生态系统的净水生态功能。通过营造典型生态河道断面，形成食物链系统。在适当条件下，也可投放部分动物，协助食物链形成。

（4）应充分利用城市自然水体设计湿塘、雨水湿地等具有雨水调蓄与净化功能的低影响开发设施，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。

在条件允许的情况下，河道的水面线尽量不高于市政雨水管渠排放口的管底高程，以便使雨水顺畅自流。

（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。当城市水体与周围用地之间坡度太大时，可结合实际情况设置台阶式绿地。

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

1）生态驳岸设计原则

生态驳岸设计首先应遵循《堤防工程设计规范》对护岸工程设计的基本要求，并协调统筹考虑安全性、稳定性、景观性、生态性、自然性和亲水性的原则。具体为：

- ①在满足河道防洪排涝要求的前提下，应充分考虑其生态、景观和休闲功能。
- ②在满足防冲、防淤要求的同时，尽量采用软质、生态的护岸防护型式。
- ③应满足边坡稳定要求，根据不同的周边环境及河道的定位，尽量采用不同的断面型式。

生态驳岸设计应与水景观、水生态、水环境保护设计相结合。

2) 生态驳岸基本断面确定 生态性驳岸型式选择需考虑的因素：从河道尺度、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，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。

（8）地表径流雨水进入滨水绿化控制线范围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。

要充分考虑错误接管导致的非降雨期来的污水，必须通过水泵排入污水系统送至污水处理厂，或通过人工湿地或者土壤渗滤池进行净化处理。

（9）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，宜选择耐盐、耐淹、耐污等能力较强的乡土植物。

（10）对于淤积严重、河底抬高影响行洪、受污染的污泥对河道水环境造成破坏的河道，应对其进行清淤疏浚，清理受污染的污泥以改善河道水环境，清除河道淤积物以恢复河道的正常行洪、排涝和调蓄功能。对于城市河湖应定期进行清淤疏浚，清淤后的底泥应进行妥善处置。

（11）充分考虑和地下水系统的交互作用，在整个海绵系统的构架中，考虑地下水的年内变化，与河流水的补给关系。

（12）城市水系设计的一般流程 城市水系设计应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，在满足雨洪行泄等功能条件下，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低影响开发控制目标与指标要求，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。

步骤 1：首先根据历史河流，城市的生态保护区，生态廊道，以及周围相关水系关系，城市排水系统的构架，期望的城市规划，确定水系的基本构架。把水系作为成为次级交通系统等，综合考虑水系的其他文化、历史、休闲功能。

步骤 2：确定整个水系的循环系统，水质保障系统（生态湿地，生态岸线工程

等）水系控制系统（通航，泵站，水位控制措施，跌水坝等），洪水的淹没区域，等。

步骤 3：建立 1 维排水管网水动力模型，计算整个排水系统进入城市水系的流量。确定城市排水内涝时与河流的水位关系等。

步骤 4：建立全流域的集水区水文水质模型，对其集水区（含郊区的农业区，城市排水系统等）进行污染源、污染量、处理方案的设定（雨水塘、雨水湿地容积和土壤渗滤池的面积等），计算最终进入到河流中的污染物，预计水质情况。

步骤 5：建立水系水动力模型，和排水管网的数学模型进行耦合，通过模型计算确定整个水系。比如洪水水位线（防洪堤的标高等、所有的水系及支流、明渠的断面尺寸、泵站容量、水坝的标高、调蓄洪水的空间、桥梁等过水断面等。

步骤 6：详细的水系平面流线设计，与城市道路，桥梁等结合。联系地形，地貌及其他景观，根据蓄洪区，生态湿地的生态功能的需要，确定理想的河流断面，水系纵断面等

步骤 7：通过水系模型软件对步骤 5 中提出的新的断面，进行重新模拟，直到模型和实际的设计符合要求。

（13）水环境评价与水动力、水质模拟分析周边水文水资源及水环境质量现状，评价水系工程的水源合理性分析及对周边水环境的影响；围绕如何保护水环境良性循环开展工作，建立水质数学模型和水动力数学模型，研究分析影响水系的水流特性的外部因素，对比分析不同外部条件下的水流及水质状况，对可能存在的水体富营养化问题进行简要分析，提出水系的水动力特征和污染物时空分布计算结果。

建立水质数学模型和水动力数学模型，一般可使用 EFDC、SMS、MIKE11、MIKE21 等模型开展工作。

（14）城市水系低影响开发雨水系统的设计应满足《城市防洪工程设计规范》（GB/T50805）、《堤防工程设计规范》（GB50286）中的相关要求。

6.2.2.调蓄设施

雨水调蓄工程按位置可分为源头调蓄工程、管渠调蓄工程和过量雨水调蓄工程，调蓄工程的位置应根据调蓄目的、排水体制、管网布置、溢流管下游水位高程和周围环境等因素确定，可采用多种工程相结合的方式达到调蓄目标，并且可采用数学

模型进行方案优化。

1、设计基本原则及规定

（1）调蓄设施的设置应模拟天然水文和生态过程，促进区域良性水文循环。

（2）新建、改建和扩建地区，应根据水资源情况和经济发展水平，合理确定雨水综合利用的方式和规模。雨水利用设施的设置、运行和管理，应与其它内涝防治设施相协调。

（3）公园、绿地和广场等场所兼作雨水源头控制设施时，其标高应低于周围地区，并应设置地表或地下雨水通道，使周围地区的雨水有组织地流入既定的源头控制设施。

（4）调蓄设施应定期维护管理，在敞开式调蓄设施旁设置警示牌或围栏等安全防护措施。

2、一般设计流程

（1）收集场地数据并进行分析确定适合的调蓄设施。

（2）结合排水分区，划分调蓄区。

（3）通过计算并结合海绵城市的建设目标确定区域内需要的调蓄量。

（4）根据各个区域或地块特性，确定调蓄设施的位置和规模。

（5）完成设计方案。

6.2.3.排水管渠设施

排水管渠系统包括分流制雨水管渠、合流制排水管渠、泵站以及雨水口、检查井等附属设施。

设计基本原则及规定

（1）排水管渠系统应根据城镇总体规划和建设情况统一布置，分期建设。排水管渠断面尺寸应按远期规划的最高日最高时设计流量设计，按现状水量复核，并考虑城市远景发展的需要。

（2）管渠平面位置和高程，应根据地形、土质、地下水位、道路情况、原有的和规划的地下设施、施工条件以及养护管理方便等因素综合考虑确定。排水干管应布置在排水区域内地势较低或便于雨污水汇集的地带。排水管宜沿城镇道路敷设，并与道路中心线平行，宜设在快车道以外。截流干管宜沿接纳水体岸边布置。管渠

高程设计除考虑地形坡度外，还应考虑与其他地下设施的关系以及接户管的连接方便。

（3）管渠材质、管渠构造、管渠基础、管道接口，应根据排水水质、水温、冰冻情况、断面尺寸、管内外所受压力、土质、地下水位、地下水侵蚀性、施工条件及对养护工具的适应性等因素进行选择与设计。

（4）排水管渠的断面形状，应符合下列要求：排水管渠的断面形状应根据设计流量、埋设深度、工程环境条件，同时结合当地施工、制管技术水平和经济、养护管理要求综合确定，宜优先选用成品管；输送腐蚀性污水的管渠必须采用耐腐蚀材料，其接口及附属构筑物必须采取相应的防腐蚀措施。

（5）当输送易造成管渠内沉析的污水时，管渠形式和断面的确定，必须考虑维护检修的方便。

（6）工业区内经常受有害物质污染场地的雨水，应经预处理达到相应标准后才能排入排水管渠。

（7）排水管渠系统的设计，应以重力流为主，不设或少设提升泵站。当无法采用重力流或重力流不经济时，可采用压力流。

（8）雨水管渠系统设计可结合城镇总体规划，考虑利用水体调蓄雨水，必要时可建人工调蓄和初期雨水处理设施。

（9）当排水管渠出水口受水体水位顶托时，应根据地区重要性和积水所造成的后果，设置潮门、闸门或泵站等设施。

（10）雨水管道系统与合流污水管道系统之间不应设置连通管道，雨水管道系统之间或合流管道系统之间可根据需要设置连通管。必要时可在连通管处设闸槽或闸门。连接管及附近闸门井应考虑维护管理的方便。

（11）排水管渠系统中，在排水泵站和倒虹管前，宜设置事故排出口。

2、一般设计流程

（1）收集基础信息，了解城市排水管网现状。

（2）划分排水分区，对拟建区内的排水管网进行分析。

（3）通过计算，并结合海绵城市建设要求，确定区域内管网的规模和位置。

（4）结合模型模拟，对初步设计管网进行可行性分析。

（5）完成设计方案。

3、设计要点

（1）管道分流需要对源头控制，要求源头排水尤其是新建小区建设必须按照建筑雨污分流设计和施工；另外即使是分流制，雨水管道也不能直接排入河流，需在其排入水体前进行处理，以降低对水体的污染。

（2）管道、雨水井、检查井、出水口等附属设施详见《室外排水设计规范》GB50014 第四章。

6.2.4.建筑与小区

建筑屋面和小区路面径流雨水应通过有组织的汇流与转输，经截污等预处理后引入绿地内的以雨水渗透、储存、调节等为主要功能的低影响开发设施。因空间限制等原因不能满足控制目标的建筑与小区，径流雨水还可通过城市雨水管渠系统引入城市绿地与广场内的低影响开发设施。低影响开发设施的选择应因地制宜、经济有效、方便易行，如结合小区绿地和景观水体优先设计生物滞留设施、渗井、湿塘和雨水湿地等。建筑与小区低影响开发雨水系统典型流程如下图所示。

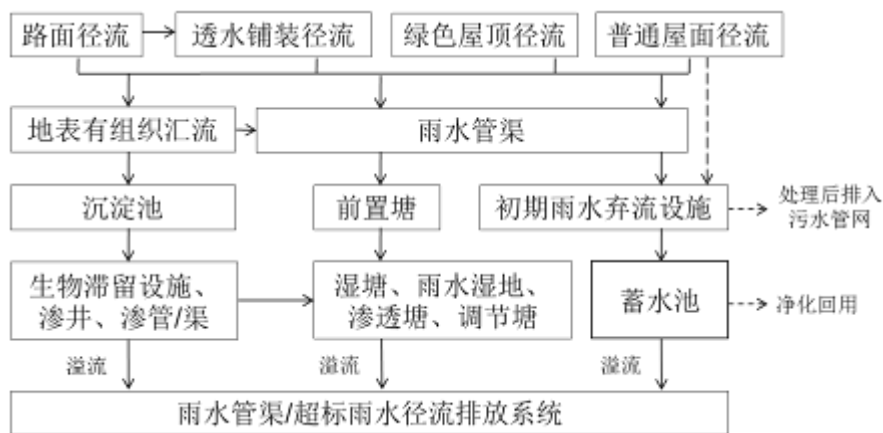


图 6-3 建筑与小区低影响开发雨水系统典型流程示例图

（1）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、渗井等小型、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。

（2）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) 建筑材料也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) 水资源紧缺地区可考虑优先将屋面雨水进行集蓄回用，净化工艺应根据回用水水质要求和径流雨水水质确定。雨水储存设施可结合现场情况选用雨水罐、地上或地下蓄水池等设施。当建筑层高不同时，可将雨水集蓄设施设置在较低楼层的屋面上，收集较高楼层建筑屋面的径流雨水，从而借助重力供水而节省能量。

5) 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。

6) 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。

7) 收集雨水及回用水管道严禁与生活饮用水管道连接。

（3）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。

（4）小区绿化

1）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。

2）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。

3）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，宜选择耐盐、耐淹、耐污等能力较强的乡土植物。

6.2.5.绿地和广场

城市绿地、广场及周边区域径流雨水应通过有组织的汇流与转输，经截污等预处理后引入城市绿地内的以雨水渗透、储存、调节等为主要功能的低影响开发设施，消纳自身及周边区域径流雨水，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。低影响开发设施的选择应因地制宜、经济有效、方便易行，如湿地公园和有景观水体的城市绿地与广场宜设计雨水湿地、湿塘等。城市绿地与广场低影响开发雨水系统典型流程如下图所示。

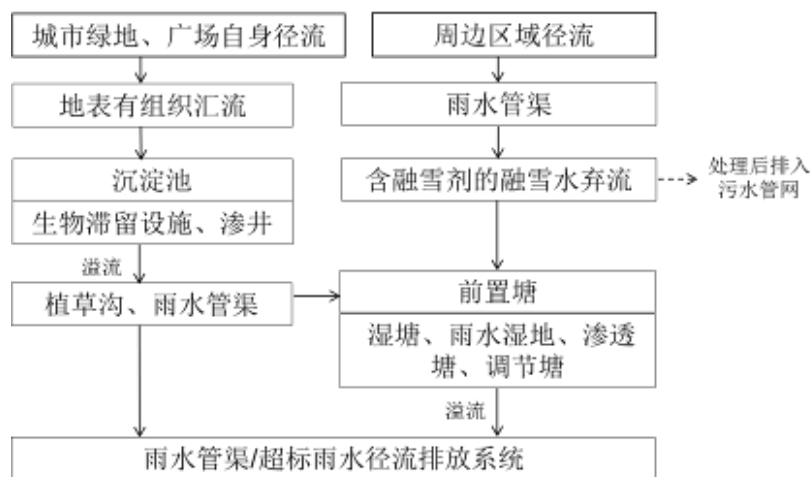


图 6-4 城市绿地与广场低影响开发雨水系统典型流程示例

（1）城市绿地与广场应在满足自身功能条件下（如吸热、吸尘、降噪等生态功能，为居民提供游憩场地和美化城市等功能），达到相关规划提出的低影响开发控制目标与指标要求。

（2）城市绿地与广场宜利用透水铺装、生物滞留设施、植草沟等小型、分散式低影响开发设施消纳自身径流雨水。

（3）城市湿地公园、城市绿地中的景观水体等宜具有雨水调蓄功能，通过雨水湿地、湿塘等集中调蓄设施，消纳自身及周边区域的径流雨水，构建多功能调蓄水体/湿地公园，并通过调蓄设施的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相衔接。

（4）规划承担城市排水防涝功能的城市绿地与广场，其总体布局、规模、竖向设计应与城市内涝防治系统相衔接。

（5）城市绿地与广场内湿塘、雨水湿地等雨水调蓄设施应采取水质控制措施，利用雨水湿地、生态堤岸等设施提高水体的自净能力，有条件的可设计人工土壤渗透等辅助设施对水体进行循环净化。

（6）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。

（7）周边区域径流雨水进入城市绿地与广场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。

（8）低影响开发设施内植物宜根据设施水分条件、径流雨水水质等进行选择，宜选择耐盐、耐淹、耐污等能力较强的乡土植物。

（9）城市公园设计应结合区域城市组团设计、场地土壤及水文特质、现状及规划地形地势、周边场地、市政及周边水系的受纳能力等科学合理进行制定，保证绿地的生态安全及使用功能，优先选用低碳方式。设计应明确绿地与区域功能关系，明晰绿地内雨水流程，经过科学计算设置合理的布局、设施。

（10）下沉式广场应设有排水泵站及自控系统，广场达到最大积水深度时泵站可自行开启。应设清淤冲洗装置和车辆检修通道。应设置警示标识，并应有安全疏散措施。

（11）城市公园绿地低影响开发雨水系统设计应满足《公园设计规范》（CJJ48）中的相关要求。

6.2.6.道路

城市道路径流雨水应通过有组织的汇流与转输，经截污等预处理后引入道路红线内、外绿地内，并通过设置在绿地内的以雨水渗透、储存、调节等为主要功能的低影响开发设施进行处理。低影响开发设施的选择应因地制宜、经济有效、方便易行，如结合道路绿化带和道路红线外绿地优先设计下沉式绿地、生物滞留带、雨水湿地等。城市道路低影响开发雨水系统典型流程如下图所示。

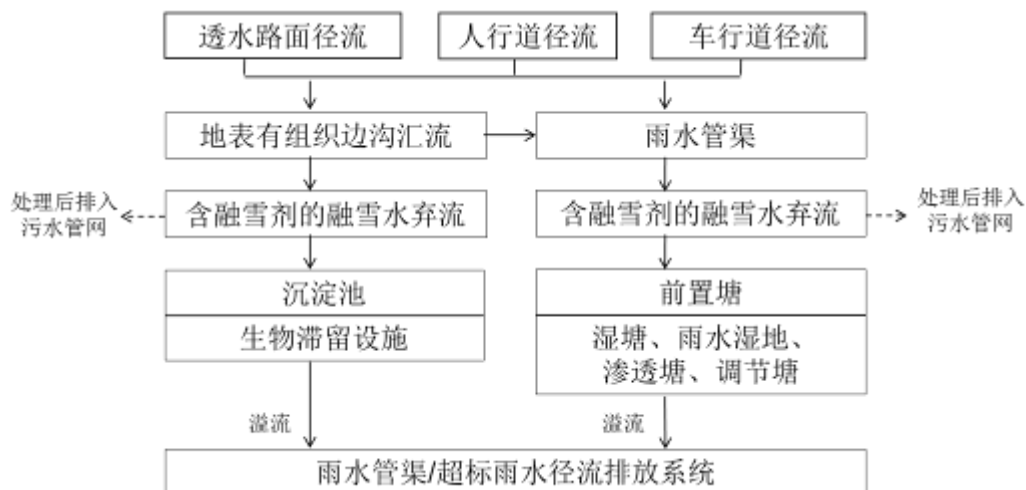


图 6-5 城市道路低影响开发雨水系统典型流程示例

（1）城市道路应在满足道路基本功能的前提下达到相关规划提出的低影响开发控制目标与指标要求。为保障城市交通安全，在低影响开发设施的建设区域，城市雨水管渠和泵站的设计重现期、径流系数等设计参数应按《室外排水设计规范》（GB50014）中的相关标准执行。

（2）道路人行道宜采用透水铺装，非机动车道和机动车道可采用透水沥青路面或透水水泥混凝土路面，透水铺装设计应满足国家有关标准规范的要求。

（3）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，便于径流雨水汇入低影响开发设施。

（4）城镇易涝区域可选取部分道路可作为超标雨水径流行泄通道的城市道路，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。

1）应选取靠近排水系统下游的道路，不宜选取城市交通主干道和党政机关所在地、人口密集区及可能造成严重后果的道路；

2）过量汇集雨水应就近排入自然或人工渠道、蓄水设施，设计泄流时长不应超过 12 小时；

3）最大漫水深度不宜超过 200mm，且应低于道路周边建筑物地面高程。当漫水深度超过 200mm 时，应封闭道路；

4）应设清晰的行车方向标识和水位监控系统；

5）作为行泄通道的路段设计应与周边用地竖向、道路交通、敷设市政管线等情况相协调，排水下游应充分利用自然蓄、排水设施；

6）当道路表面的积水超过侧石，延伸至道路两侧的人行道、绿地、建筑物或围墙时，其过水能力计算应符合下列规定：

①过水断面沿道路纵向发生变化时，应根据其变化情况分段计算。

②当过水断面的变化过于复杂时，可对其进行简化，简化过程应遵循保守的原则，选择保守估算断面的过水能力进行计算。

③对于每个过水断面，其位于道路两侧的边界，应选取离道路中心最近的建筑物或围墙的立面。

④每个复合过水断面应细分成矩形、三角形和梯形等常见的标准断面，分别按曼宁公式计算后进行汇总。相邻过水断面之间的分界线不应纳入湿周的计算中。

（5）路面排水宜采用生态排水的方式，也可利用道路及周边公共用地的地下空间设计调蓄设施。路面雨水宜首先汇入道路红线内绿化带，当红线内绿地空间不足时，可由政府主管部门协调，将道路雨水引入道路红线外城市绿地内的低影响开发设施进行消纳。当红线内绿地空间充足时，也可利用红线内低影响开发设施消纳

红线外空间的径流雨水。低影响开发设施应通过溢流排放系统与城市雨水管渠系统相衔接，保证上下游排水系统的顺畅。

（6）城市道路绿化带内低影响开发设施应采取必要的防渗措施，防止径流雨水下渗对道路路面及路基的强度和稳定性造成破坏。

（7）城市道路经过或穿越水源保护区时，应在道路两侧或雨水管渠下游设计雨水应急处理及储存设施。雨水应急处理及储存设施的设置，应具有截污与防止事故情况下泄露的有毒有害化学物质进入水源保护地的功能，可采用地上式或地下式。

（8）道路径流雨水进入道路红线内外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。

（9）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，宜选择耐盐、耐淹、耐污等能力较强的乡土植物。

（10）下凹式立体交叉道路极易形成城市积滞水点，排水形式应采用强排与调蓄相结合的方式。鉴于下凹式立体交叉道路雨水系统多为城市排水系统的一部分，在其排水系统中设置调蓄排放系统有利于提高整个雨水排放系统的设计标准。

（11）城市道路低影响开发雨水系统的设计应满足《城市道路工程设计规范》（CJJ37）中的相关要求。

6.3.不同类型用地常见设施使用指引

6.3.1.市政道路、停车场类建设项目

适宜采用的设施：透水铺装、下沉式绿地、生态树池、植草沟

6.3.2.公园绿地、广场类建设项目

适宜采用的设施：收集回用设施、植草沟、入渗设施、滞留（流）设施，滞雨水花园。

6.3.3.水体类建设项目

适宜采用的设施：雨水花园、滞留（流）设施、雨水排出口末端处理

6.3.4.居住建设项目

适宜采用的设施：透水铺装、绿色屋顶、雨水花园、生态树池、植草沟

6.3.5.商业服务业及公共管理与服务设施建设项目

适宜采用的设施：透水铺装、绿色屋顶、雨水花园、生态树池、植草沟、滞留

（流）设施、收集回用设施

6.3.6.工业、仓储建设项目

适宜采用的设施：透水铺装、绿色屋顶、雨水花园、生态树池、植草沟、滞留（流）设施、收集回用设施

6.4.常见设施设计要点

6.4.1.透水铺装

概念与构造：透水铺装按照面层材料不同可分为透水砖铺装、透水水泥混凝土铺装和透水沥青混凝土铺装，嵌草砖、园林铺装中的鹅卵石、碎石铺装等也属于渗透铺装。

透水铺装结构应符合《透水砖路面技术规程》（CJJ/T188）、《透水沥青路面技术规程》（CJJ/T190）、《透水水泥混凝土路面技术规程》（CJJ/T135）和《透水砖铺装施工与验收规程》DB11/T 686 的规定。透水铺装还应满足以下要求：

（1）透水面层应满足下列要求：1）渗透系数应大于 $1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ ，可采用透水面砖、透水混凝土、草坪砖等，当采用可种植植物的面层时，宜在下面垫层中混合一定比例的营养土；2）透水面砖的有效孔隙率应不小于8%，透水混凝土的有效孔隙率应不小于10%；3）当面层采用透水面砖时，其抗压强度、抗折强度、抗磨长度等应符合《透水砖》JC/T 945-2005 中的相关规定；

（2）透水找平层应满足下列要求：1）渗透系数不小于面层，宜采用细石透水混凝土、干砂、碎石或石屑等；2）有效孔隙率应不小于面层；3）厚度宜为20mm～50mm；

（3）透水基层和透水底基层应满足下列要求：1）渗透系数应大于面层，底基层宜采用级配碎石、中、粗砂或天然级配砂砾料等，基层宜采用级配碎石或者透水混凝土；2）透水混凝土的有效孔隙率应大于 10%，砂砾料和砾石的有效孔隙率应大于 20%；3）垫层的厚度不宜小于 150mm；

（4）应满足相应的承载力和抗冻要求。透水铺装对道路路基强度和稳定性的潜在风险较大时，可采用半透水铺装结构。

（5）土地透水能力有限时，应在透水铺装的透水基层内设置排水管或排水板。

（6）当透水铺装设置在地下室顶板上时，顶板覆土厚度不应小于 600 mm，并应设置排水层。

透水砖铺装典型构造如下图所示。

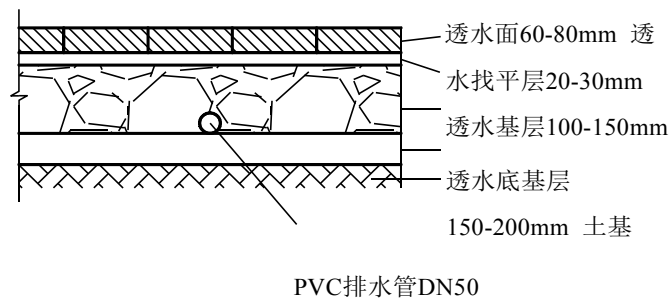


图 6-6 透水砖铺装典型结构示意图

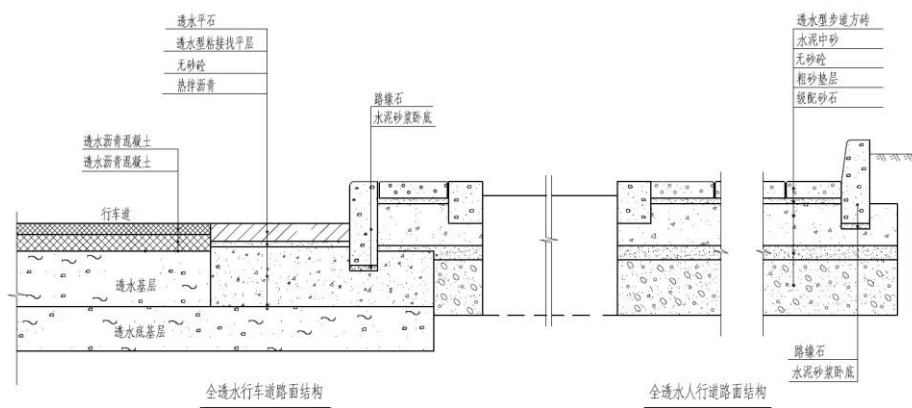


图 6-7 透水铺装路面（一）

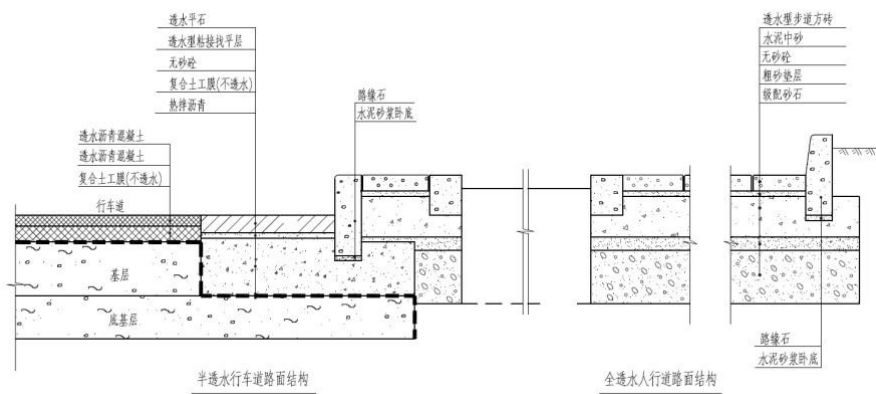


图 6-8 透水铺装路面（二）

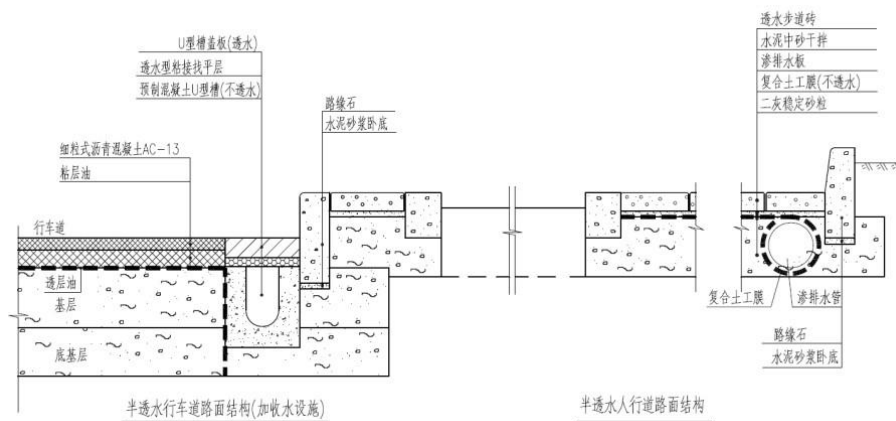


图 6-9 透水铺装路面（三）

适用性：透水砖铺装和透水水泥混凝土铺装主要适用于广场、停车场、人行道以及车流量和荷载较小的道路，如建筑与小区道路、市政道路的非机动车道等，透水沥青混凝土路面还可用于机动车道。

透水铺装应用于以下区域时，还应采取必要的措施防止次生灾害或地下水污染的发生：

（1）可能造成陡坡坍塌、滑坡灾害的区域，湿陷性黄土、膨胀土和高含盐土等特殊土壤地质区域。

（2）使用频率较高的商业停车场、汽车回收及维修点、加油站及码头等径流污染严重的区域。

优缺点：透水铺装适用区域广、施工方便，可补充地下水并具有一定的峰值流量削减和雨水净化作用，但易堵塞，寒冷地区有被冻融破坏的风险。

6.4.2.绿色屋顶

概念与构造：绿色屋顶也称种植屋面、屋顶绿化等，根据种植基质深度和景观复杂程度，绿色屋顶又分为简单式和花园式，基质深度根据植物需求及屋顶荷载确定，简单式绿色屋顶的基质深度一般不大于 150 mm，花园式绿色屋顶在种植乔木时基质深度可超过 600 mm，绿色屋顶的设计可参考《种植屋面工程技术规程》（JGJ155）。绿色屋顶的典型构造如下图所示。

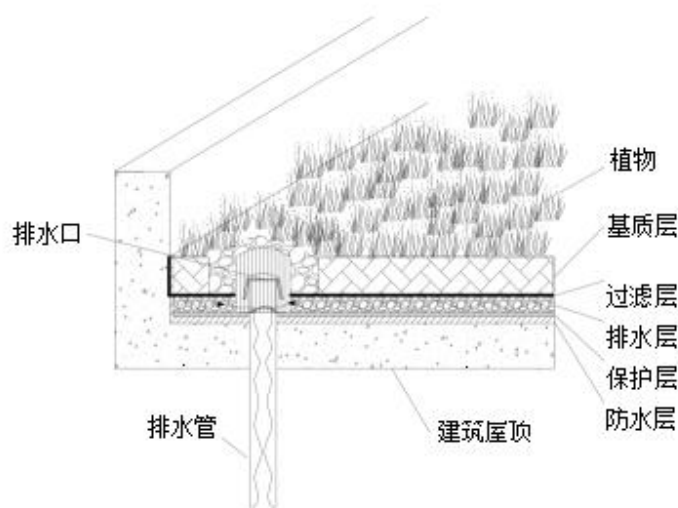


图 6-10 绿色屋顶典型构造示意图

适用性：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 $\leq 15^\circ$ 的坡屋顶建筑。

优缺点：绿色屋顶可有效减少屋面径流总量和径流污染负荷，具有节能减排的作用，但对屋顶荷载、防水、坡度、空间条件等有严格要求。

6.4.3. 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 200 mm 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。

狭义的下沉式绿地应满足以下要求：

（1）下沉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，一般为 100-200 mm。

（2）下沉式绿地内一般应设置溢流口（如雨水口），保证暴雨时径流的溢流排放，溢流口顶部标高一般应高于绿地 50-100 mm。

狭义的下沉式绿地典型构造如下图所示。

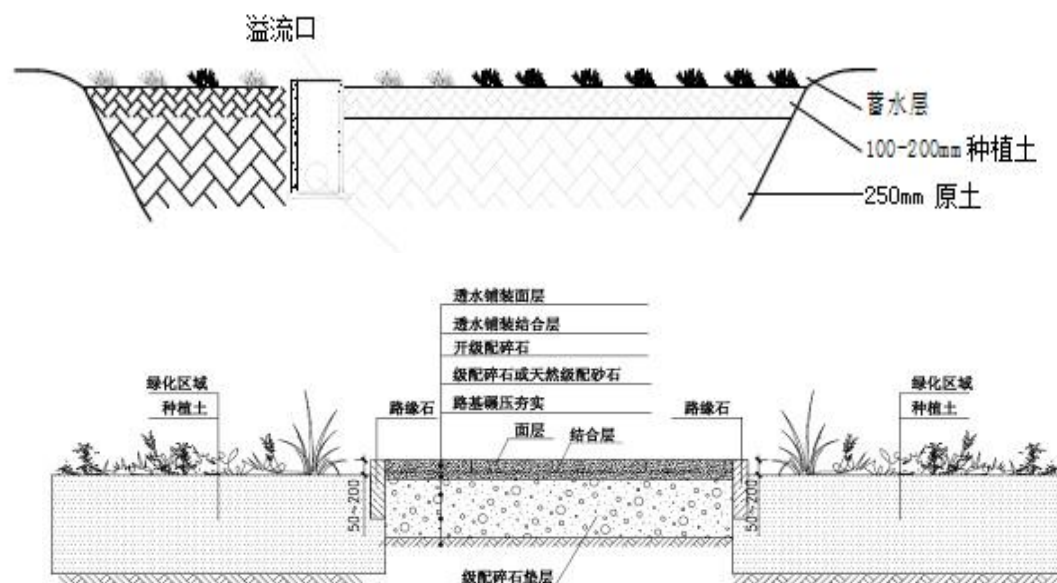


图 6-11 狭义的下沉式绿地典型构造示意图

适用性：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。

优缺点：狭义的下沉式绿地适用区域广，其建设费用和维护费用均较低，但大面积应用时，易受地形等条件的影响，实际调蓄容积较小。

6.4.4.生物滞留设施

概念与构造：生物滞留设施指在地势较低的区域，通过植物、土壤和微生物系统蓄渗、净化径流雨水的设施。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，按应用位置不同又称作雨水花园、生物滞留带、高位花坛、生态树池等。

生物滞留设施应满足以下要求：

（1）对于污染严重的汇水区应选用植草沟、植被缓冲带或沉淀池等对径流雨水进行预处理，去除大颗粒的污染物并减缓流速；应采取弃流、排盐等措施防止融雪剂或石油类等高浓度污染物侵害植物。

（2）屋面径流雨水可由雨落管接入生物滞留设施，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经计算确定。

（3）生物滞留设施应用于道路绿化带时，若道路纵坡大于 1%，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。

（4）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，溢流设施顶一般应低于汇水面 100 mm。

（5）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%。

（6）复杂型生物滞留设施结构层外侧及底部应设置透水土工布，防止周围原土侵入。如经评估认为下渗会对周围建（构）筑物造成塌陷风险，或者拟将底部出水进行集蓄回用时，可在生物滞留设施底部和周边设置防渗膜。

（7）生物滞留设施的蓄水层深度应根据植物耐淹性能和土壤渗透性能来确定，一般为 200-300 mm，并应设100 mm 的超高；换土层介质类型及深度应满足出水水质要求，还应符合植物种植及园林绿化养护管理技术要求；为防止换土层介质流失，换土层底部一般设置透水土工布隔离层，也可采用厚度不小于 100 mm 的砂层（细砂和粗砂）代替；砾石层起到排水作用，厚度一般为250-300 mm，可在其底部埋置管径为 100-150 mm 的穿孔排水管，砾石应洗净且粒径不小于穿孔管的开孔孔径；为提高生物滞留设施的调蓄作用，在穿孔管底部可增设一定厚度的砾石调蓄层。

简易型和复杂型生物滞留设施典型构造如下图所示。

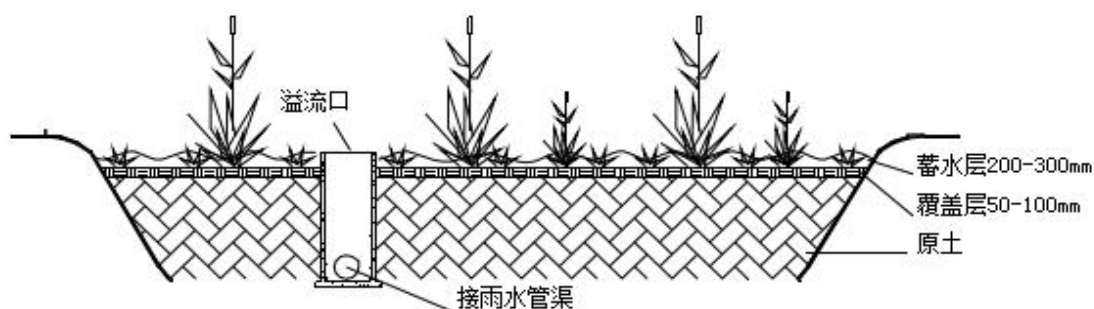


图 6-12 简易型生物滞留设施典型构造示意图

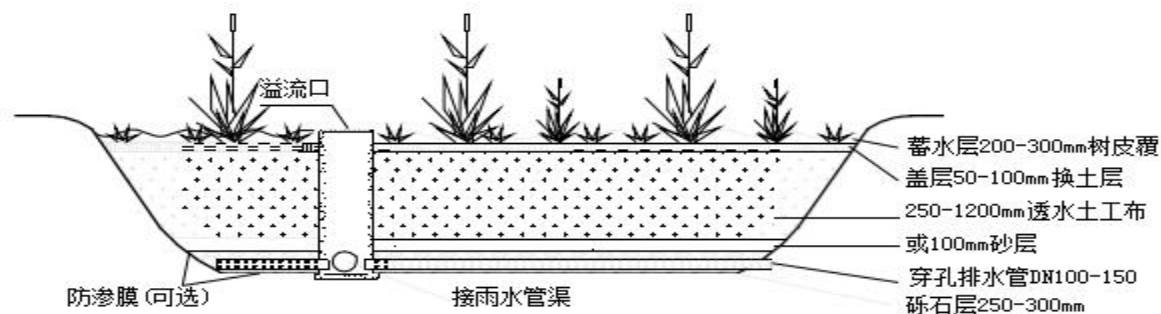


图 6-13 复杂型生物滞留设施典型构造示意图

适用性：生物滞留设施主要适用于建筑与小区内建筑、道路及停车场的周边绿地，以及城市道路绿化带等城市绿地内。

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，可采用底部防渗的复杂型生物滞留设施。

优缺点：生物滞留设施形式多样、适用区域广、易与景观结合，径流控制效果好，建设费用与维护费用较低；但地下水位与岩石层较高、土壤渗透性能差、地形较陡的地区，应采取必要的换土、防渗、设置阶梯等措施避免次生灾害的发生，将增加建设费用。

6.4.5.渗透塘

概念与构造：渗透塘是一种用于雨水下渗补充地下水的洼地，具有一定的净化雨水和削减峰值流量的作用。

渗透塘应满足以下要求：

（1）渗透塘前应设置沉砂池、前置塘等预处理设施，去除大颗粒的污染物并减缓流速；有降雪的城市，应采取弃流、排盐等措施防止融雪剂侵害植物。

（2）渗透塘边坡坡度（垂直：水平）一般不大于 1:3，塘底至溢流水位一般不小于 0.6 m。

（3）渗透塘底部构造一般为 200-300 mm 的种植土、透水土工布及 300-500 mm 的过滤介质层。

（4）渗透塘排空时间不应大于 24 h。

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

渗透塘典型构造如下图所示。

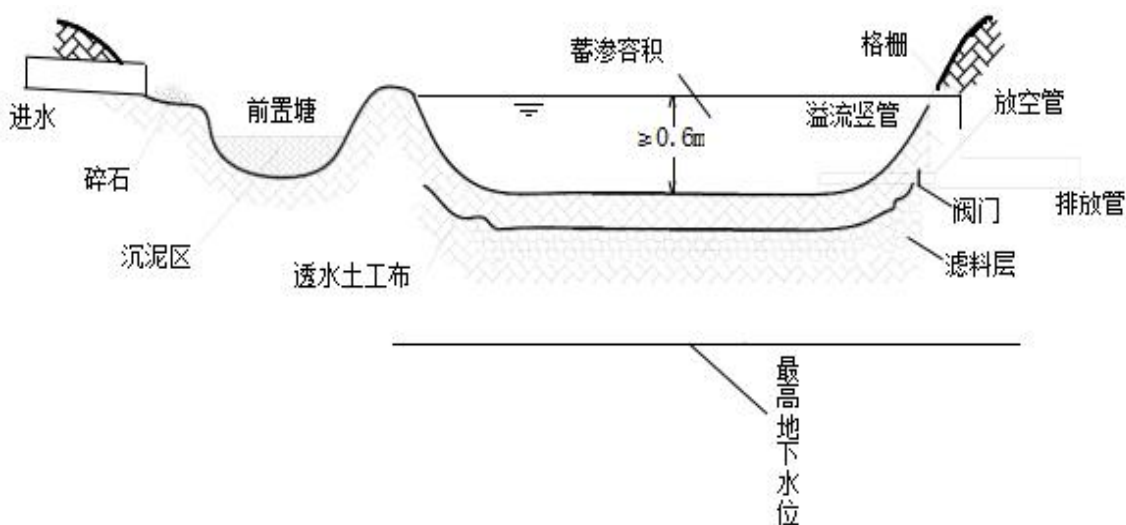


图 6-14 渗透塘典型构造示意图

适用性：渗透塘适用于汇水面积较大（大于 1 hm^2 ）且具有一定空间条件的区域，但应用于径流污染严重、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）的区域时，应采取必要的措施防止发生次生灾害。

优缺点：渗透塘可有效补充地下水、削减峰值流量，建设费用较低，但对场地条件要求较严格，对后期维护管理要求较高。

6.4.6. 渗井

概念与构造：渗井指通过井壁和井底进行雨水下渗的设施，为增大渗透效果，可在渗井周围设置水平渗排管，并在渗排管周围铺设砾（碎）石。

渗井应满足下列要求：

- （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。
- （3）外层应采用土工布或性能相同的材料包覆。透水土工布宜选用无纺土工织物，单位面积质量宜为 $100 \sim 300 \text{ g/m}^2$ ，渗透性能应大于所包覆渗透设施的最大渗水要求，应满足保土性、透水性和防堵性的要求。
- （4）当设有人孔时，应采用双层井盖。渗井调蓄容积不足时，也可在渗井周

围连接水平渗排管，形成辐射渗井。辐射渗井的典型构造如下图所示。

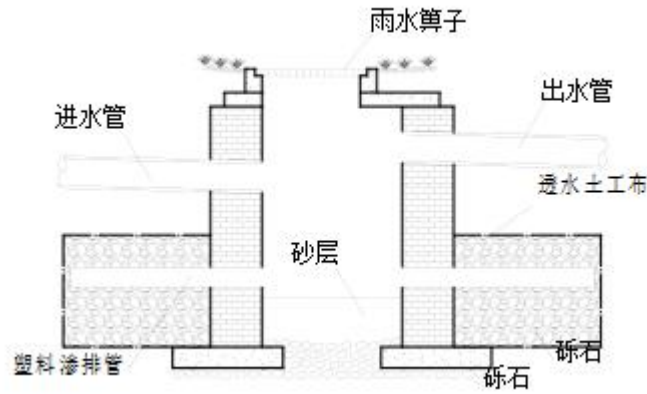


图 6-15 辐射渗井构造示意图

（5）设计时也可参考《排水工程标准图集》（91SB4-1），图集中渗水井做法包含直径为 1500mm 及 2000mm 两个规格，砖砌及干砌片石两种材料类型。渗水井做法详见下图，入渗量表详见下表。

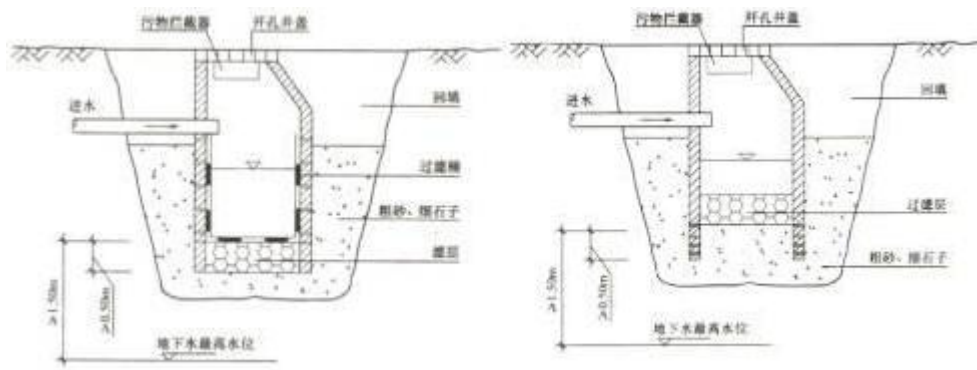


图 6-16 渗水井做法

表 6-1 渗水井渗水量表

井径（mm）	渗水量（m ³ /h）	
	粉砂	粉土
φ1500	0.2	0.07
φ2000	0.33	0.11

（6）成品渗透检查井

成品渗透检查井为PE材质，井壁及井底均开孔，开孔率为 1%～ 3%。适用于人行道、广场、绿地等荷载较小的场所。

上部井算具有集水收水功能，当不需要该功能，仅作为渗水井使用时，可换为

井盖。

上部井算下方设置的截污筐用于拦截雨水中固体物，可人工取出进行清理。

（7）井盖景观化处理 为保证景观效果与使用安全，可在井盖框架内填种植土或卵石、铺装材料，进行景观化处理。也可通过在井盖周边栽植植物进行遮挡。为提高土壤渗透能力，加快渗透速率，可在表层土壤下设置透水片材、透水型材、透水管材、渗蓄筐等增渗设施。适用性：渗井主要适用于建筑与小区内建筑、道路及停车场的周边绿地内。渗井应用于径流污染严重、设施底部距离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，应采取必要的措施防止发生次生灾害。

优缺点：渗井占地面积小，建设和维护费用较低，但其水质和水量控制作用有限。

6.4.7.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。

湿塘一般由进水口、前置塘、主塘、溢流水口、护坡及驳岸、维护通道等构成。湿塘应满足以下要求：

（1）进水口和溢流水口应设置碎石、消能坎等消能设施，防止水流冲刷和侵蚀。

（2）前置塘为湿塘的预处理设施，起到沉淀径流中大颗粒污染物的作用；池底一般为混凝土或块石结构，便于清淤；前置塘应设置清淤通道及防护设施，驳岸形式宜为生态软驳岸，边坡坡度（垂直：水平）一般为1:2-1:8；前置塘沉泥区容积应根据清淤周期和所汇入径流雨水的SS 污染物负荷确定。

（3）主塘一般包括常水位以下的永久容积和储存容积，永久容积水深一般为0.8-2.5 m；储存容积一般根据所在区域相关规划提出的“单位面积控制容积”确定；具有峰值流量削减功能的湿塘还包括调节容积，调节容积应在 24-48 h 内排空；主塘与前置塘间宜设置水生植物种植区（雨水湿地），主塘驳岸宜为生态软驳岸，边坡坡度（垂直：水平）不宜大于 1:6。

（4）溢流出水口包括溢流竖管和溢洪道，排水能力应根据下游雨水管渠或超标雨水径流排放系统的排水能力确定。

（5）湿塘应设置护栏、警示牌等安全防护与警示措施。

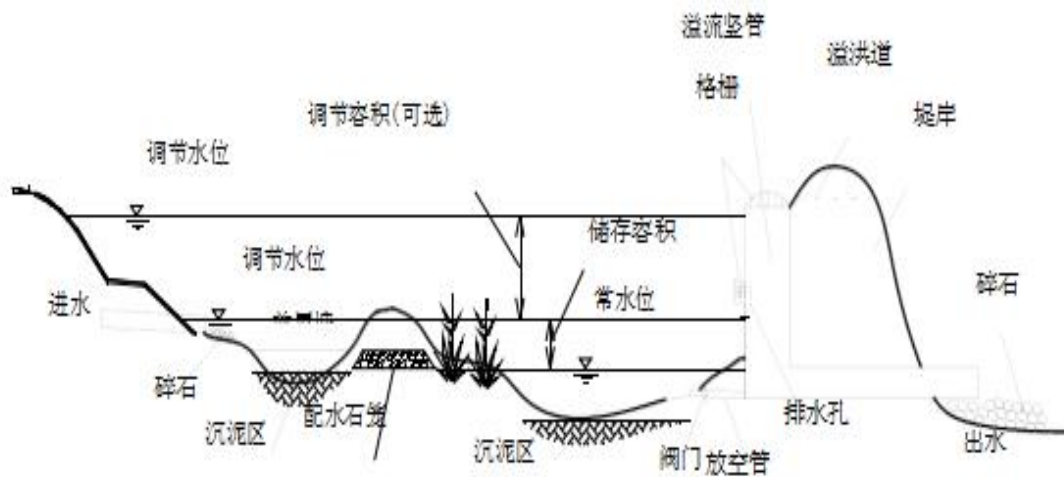


图 6-17 湿塘典型构造示意图

适用性：湿塘适用于建筑与小区、城市绿地、广场等具有空间条件的场地。

优缺点：湿塘可有效削减较大区域的径流总量、径流污染和峰值流量，是城市内涝防治系统的重要组成部分；但对场地条件要求较严格，建设和维护费用高。

6.4.8.雨水湿地

概念与构造：雨水湿地利用物理、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，雨水湿地分为雨水表流湿地和雨水潜流湿地，一般设计成防渗型以便维持雨水湿地植物所需要的水量，雨水湿地常与湿塘合建并设计一定的调蓄容积。

雨水湿地与湿塘的构造相似，一般由进水口、前置塘、沼泽区、出水池、溢流出水口、护坡及驳岸、维护通道等构成。

雨水湿地应满足以下要求：

（1）进水口和溢流出水口应设置碎石、消能坎等消能设施，防止水流冲刷和侵蚀。

（2）雨水湿地应设置前置塘对径流雨水进行预处理。

（3）沼泽区包括浅沼泽区和深沼泽区，是雨水湿地主要的净化区，其中浅沼泽区水深范围一般为0-0.3 m，深沼泽区水深范围一般为 0.3-0.5 m，根据水深不

同种植不同类型的水生植物。

（4）雨水湿地的调节容积应在 24h 内排空。

（5）出水池主要起防止沉淀物的再悬浮和降低温度的作用，水深一般为 0.8-1.2 m，出水池容积约为总容积（不含调节容积）的 10%。雨水湿地典型构造如下图所示。

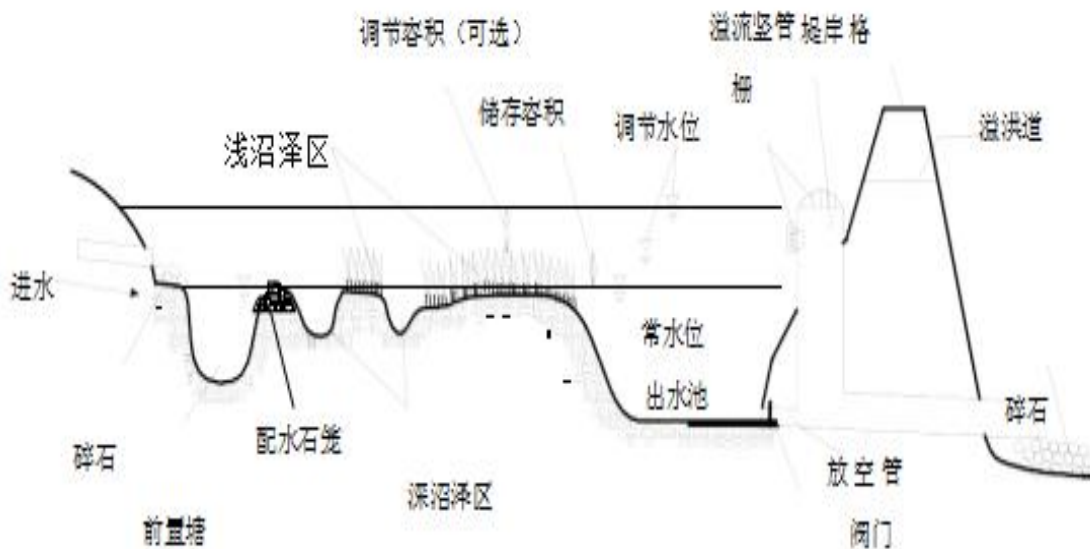


图 6-18 雨水湿地典型构造示意图

适用性：雨水湿地适用于具有一定空间条件的建筑与小区、城市道路、城市绿地、滨水带等区域。

优缺点：雨水湿地可有效削减污染物，并具有一定的径流总量和峰值流量控制效果，但建设及维护费用较高。

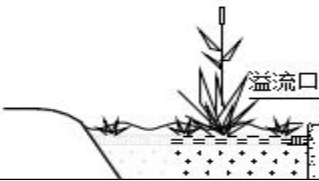
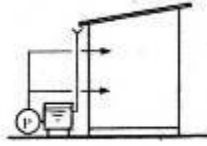
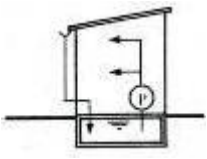
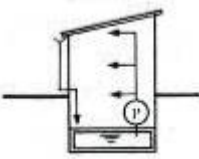
6.4.9.蓄水池

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，用地紧张的城市大多采用地下封闭式蓄水池。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）。

蓄水池宜设置在室外地下。室外地下蓄水池的人孔或检查口应设置防止人员落入水中的双层井盖。雨水蓄水池设在室外地下的益处是排水安全和环境温度低、水质易保持。水池人孔或检查孔设双层井盖的目的是保护人身安全。

雨水蓄水池也可以设在其它位置，参见下表。

表 6-2 雨水蓄水池设置位置

设置地点	图示	主要特点
设置在屋面上		1) 节省能量，不需要给水加压 2) 维护管理较方便 3) 多余雨水由排水系统排除
设置在地面		维护管理较方便
设置于地下室内，能重力溢流排水		1) 适合于大规模建筑 2) 充分利用地下空间和基础
设置于地下室内，不能重力溢流排水		必须设置安全的溢流措施

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。

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。

当蓄水池兼作沉淀池时，其进、出水管的设置应满足下列要求：

- 1) 防止水流短路；

- 2) 避免扰动沉积物;
- 3) 进水端宜均匀布水。

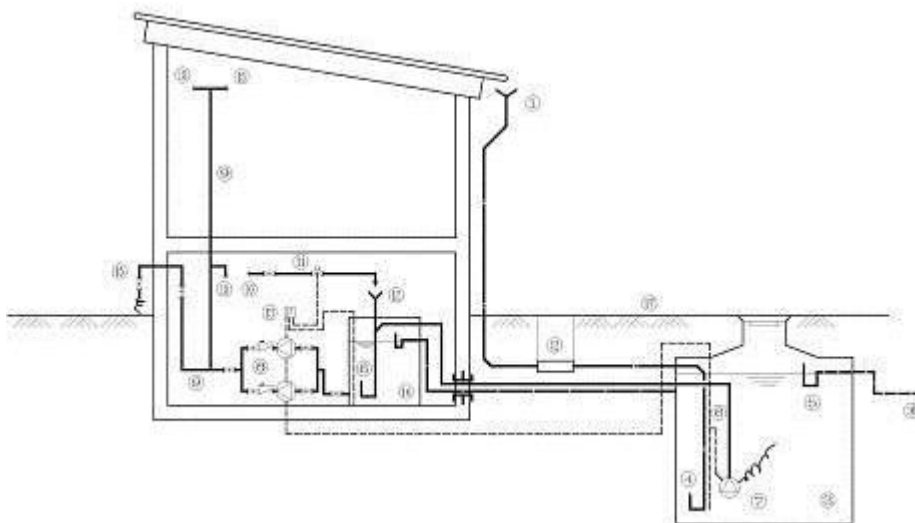


图 6-19 雨水蓄存利用系统示意

屋面集水与落水管；滤网；雨水蓄水池；稳流进水管；带水封的溢流管；水位计；吸水管与水泵；泵组；回用水供水管；自来水管；电磁阀；自由出流补水口；控制器；补水混合水池；用水点；渗透设施或下水道；室外地面。

出水和进水都需要避免扰动沉积物。出水的做法有：设浮动式吸水口，保持在水面下几十厘米处吸水；或者在池底吸水，但吸水口端设矮堰与积泥区隔开等。进水的做法是淹没式进水且进水口向上、斜向上或水平。进水端均匀进水方式包括沿进水边设溢流堰进水或多点分散进水。

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。可采用下图所示方式利用池水作为冲洗水源，由自动控制系统控制操作。

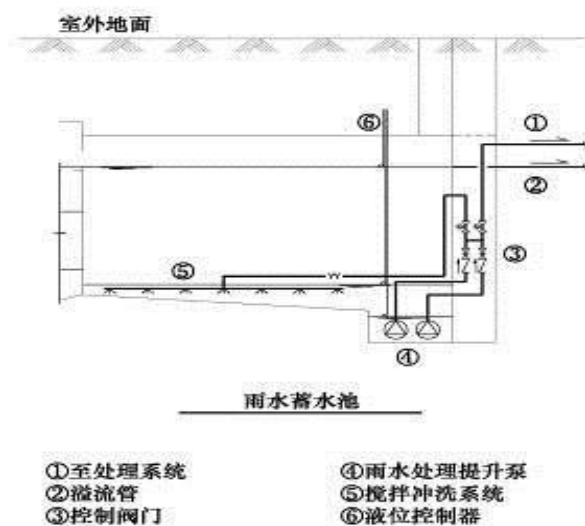


图 6-20 雨水蓄水池示意图

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。

适用性：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；不适用于无雨水回用需求和径流污染严重的地区。

优缺点：蓄水池具有节省占地、雨水管渠易接入、避免阳光直射、防止蚊蝇滋生、储存水量大等优点，雨水可回用于绿化灌溉、冲洗路面和车辆等，但建设费用高，后期需重视维护管理。

6.4.10.雨水罐

概念与构造：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。

适用性：适用于单体建筑屋面雨水的收集利用。优缺点：雨水罐多为成型产品，施工安装方便，便于维护，但其储存容积较小，雨水净化能力有限。

6.4.11.调节塘

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。

调节塘应满足以下要求：

- （1）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。

（2）应设置前置塘对径流雨水进行预处理。

（3）调节区深度一般为 0.6-3 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 m（水平距离）。

（4）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 h），控制外排流量。

（5）调节塘应设置护栏、警示牌等安全防护与警示措施。调节塘典型构造如下图所示。

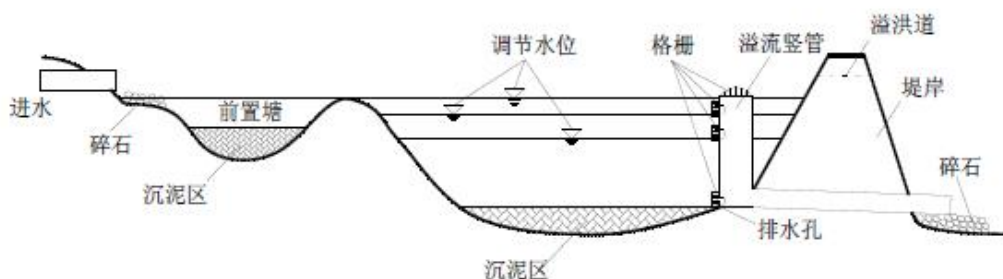


图 6-21 调节塘典型构造示意图

适用性：调节塘适用于建筑与小区、城市绿地等具有一定空间条件的区域。

优缺点：调节塘可有效削减峰值流量，建设及维护费用较低，但其功能较为单一，宜利用下沉式公园及广场等与湿塘、雨水湿地合建，构建多功能调蓄水体。

6.4.12.调节池

概念与构造：调节池为调节设施的一种，主要用于削减雨水管渠峰值流量，一般常用溢流堰式或底部流槽式，可以是地上敞口式调节池或地下封闭式调节池，其典型构造可参见《给水排水设计手册》（第 5 册）。

调节池布置形式宜采用溢流堰式和底部流槽式，并应满足以下要求：调节池宜采用重力流自然排空，必要时可用水泵强排。排空时间不应超过12h，且出水管管径不应超过市政管道排水能力；调节池应设外排雨水溢流口，溢流雨水应采用重力流排出；应设检查口并便于沉积物的清除。

（1）溢流堰式调节池：调节池通常设置在干管一侧，有进水管和出水管。进水较高，其管顶一般与池内最高水位持平；出水管较低，其管底一般与池内最低水位持平，如下图。

（2）底部流槽式调节池：雨水从上游干管进入调节池，当进水量小于出水量时，雨水经设在池最低部的渐缩断面流槽全部流入下游干管而排走。池内流槽深度等于池下游干管的直径。当进水量大于出水量时，池内逐渐被高峰时的多余水量所充满，池内水位逐渐上升，直到进水量减少至小于池下游干管的通过能力时，池内水位才逐渐下降，至排空为止，如下图

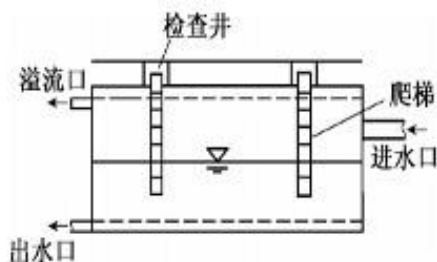


图 6-22 底部流槽式调蓄池



图 6-23 溢流堰式调蓄池

适用性：调节池适用于城市雨水管渠系统中，削减管渠峰值流量。

优缺点：调节池可有效削减峰值流量，但其功能单一，建设及维护费用较高，宜利用下沉式公园及广场等与湿塘、雨水湿地合建，构建多功能调蓄水体。

6.4.13.植草沟

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。

植草沟应满足以下要求：

（1）浅沟断面形式宜采用倒抛物线形、三角形或梯形。

（2）植草沟的边坡坡度（垂直：水平）不宜大于 1:3，纵坡不应大于 4%。纵坡较大时宜设置为阶梯型植草沟或在中途设置消能台坎。

（3）植草沟最大流速应小于 0.8 m/s，曼宁系数宜为 0.2-0.3。

（4）转输型植草沟内植被高度宜控制在 100-200 mm。转输型三角形断面植草沟的典型构造如下图所示。

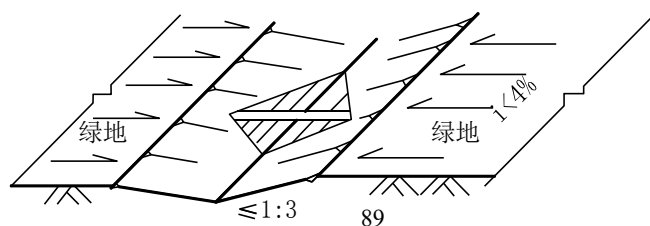


图 6-24 转输型三角形断面植草沟典型构造示意图

适用性：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。

优缺点：植草沟具有建设及维护费用低，易与景观结合的优点，但已建城区及开发强度较大的新建城区等区域易受场地条件制约。

6.4.14.渗管/渠

概念与构造：渗管/渠指具有渗透功能的雨水管/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。

渗管/渠应满足以下要求：

（1）渗管/渠应设置植草沟、沉淀（砂）池等预处理设施。（2）渗管/渠开孔率应控制在 1%-3%之间，无砂混凝土管的孔隙率应大于 20%。（3）渗管/渠的敷设坡度应满足排水的要求。（4）渗管/渠四周应填充砾石或其他多孔材料，砾石层外包透水土工布，土工布搭接宽度不应少于 200 mm。

（5）渗管/渠设在行车路面下时覆土深度不应小于 700 mm。

渗管/渠典型构造如下图所示。

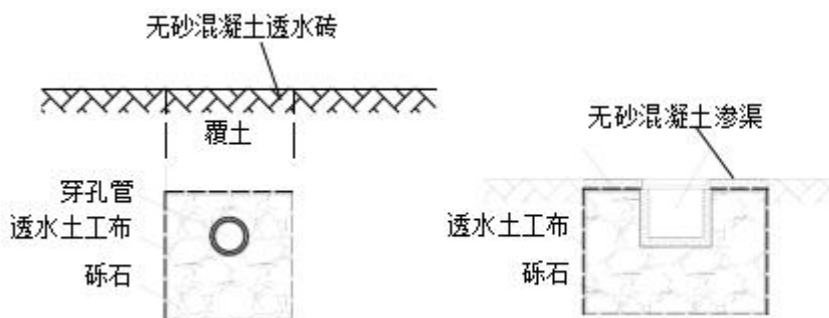


图 6-25 渗管/渠典型构造示意图

（6）渗排一体化系统

- 1) 设施的末端必须设置检查井和排水管，排水管连接到雨水排水管网；
- 2) 渗透管的管径和敷设坡度应满足地面雨水排放流量的要求，且不小于 200mm；
- 3) 检查井出水管口的标高应能确保上游管沟的有效蓄水，当设置有困难时，

则无效管沟容积不计入储水容积；

4) 其余要求应满足《建筑与小区雨水利用工程技术规范》 GB50400-2006 第 6.2.5 条规定。

渗透管的排放系统兼有两种功能，一是渗透管的渗透功能；二是排水功能，排除超设计重现期的雨水，对雨水利用设施可避免重复设置排水设施，减小工程的技术难度和工程投资，便于雨水利用技术的推广。对建筑小区而言，一般占地面积较大，雨水利用设施一般是局部或部分设置，设置雨水利用设施的区域应设雨水溢流设施，对整个建筑小区而言应有传统的雨水排水管道，确保安全顺利排出超设计重现期的雨水。设置方式见下图。

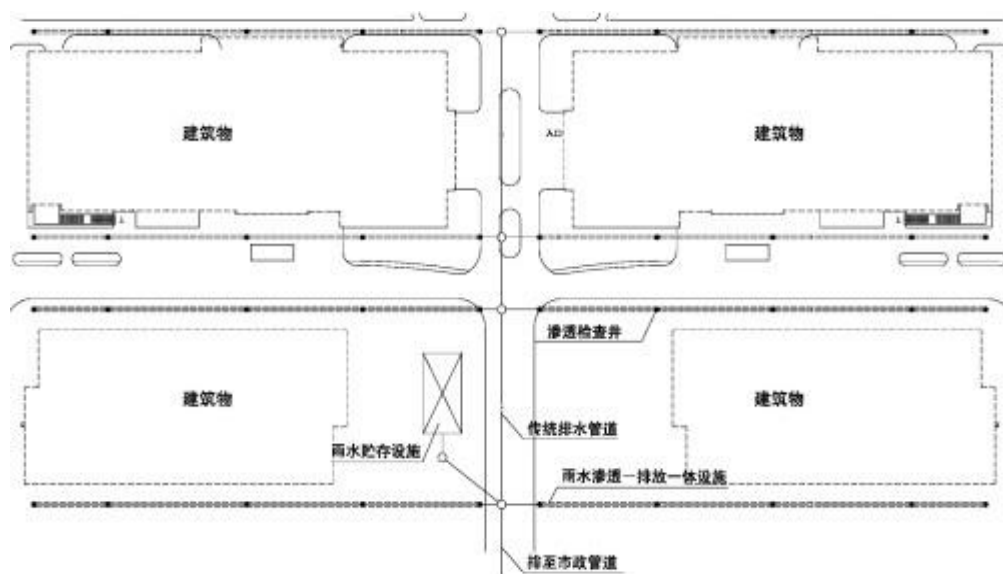


图 6-26 建筑小区雨水利用与排水管道的设置

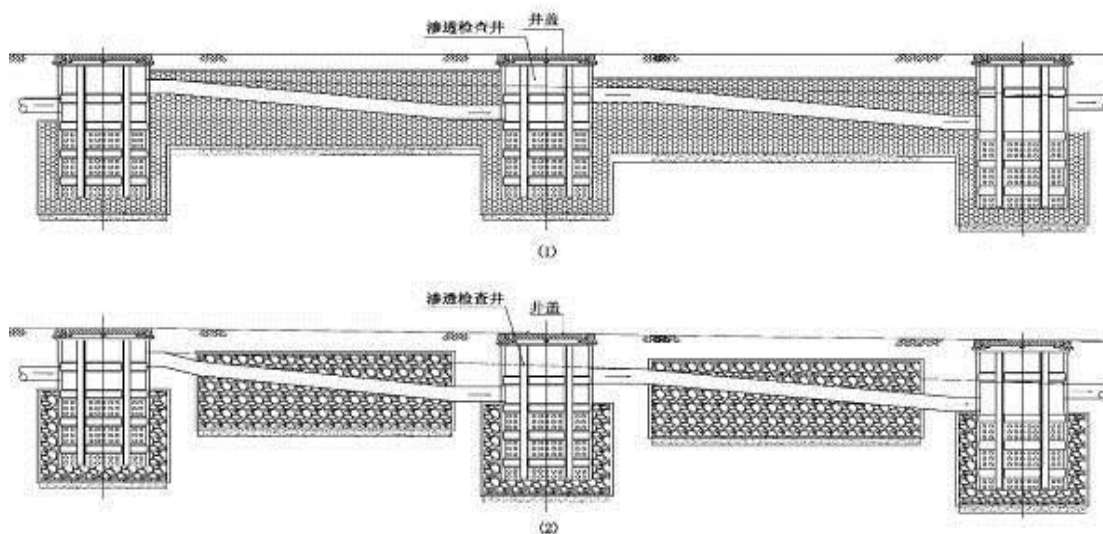


图 6-27 渗透管纵断面

适用性：渗管/渠适用于建筑与小区及公共绿地内转输流量较小的区域，不适用于地下水位较高、径流污染严重及易出现结构塌陷等不宜进行雨水渗透的区域（如雨水管渠位于机动车道下等）。

优缺点：渗管/渠对场地空间要求小，但建设费用较高，易堵塞，维护较困难。

6.4.15. 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，植被缓冲带坡度一般为2%-6%，宽度不宜小于 2 m。植被缓冲带典型构造如下图所示。

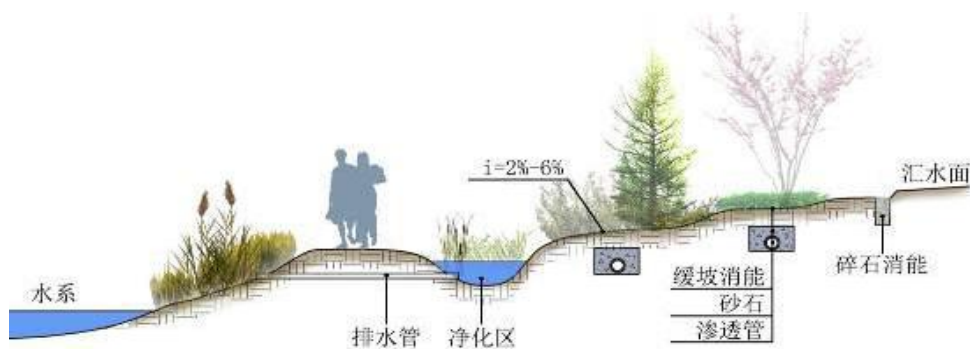


图 6-28 植被缓冲带典型构造示意图

适用性：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。

优缺点：植被缓冲带建设与维护费用低，但对场地空间大小、坡度等条件要求较高，且径流控制效果有限。

6.4.16. 初期雨水弃流设施

概念与构造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。初期雨水弃流设施典型构造如下图所示。

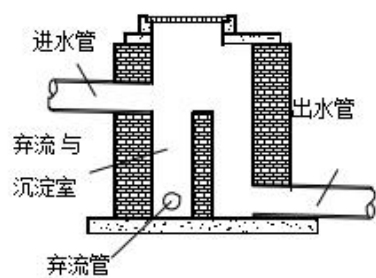


图 6-29 小管弃流井



图 6-30 容积法弃流装置

设计时应满足如下条件：

- 1) 雨水弃流管应根据弃流量要求，进口处可适当封堵以缩小过水断面。
- 2) 雨水弃流管与污水系统相接时，要避免污水倒流入雨水系统中。

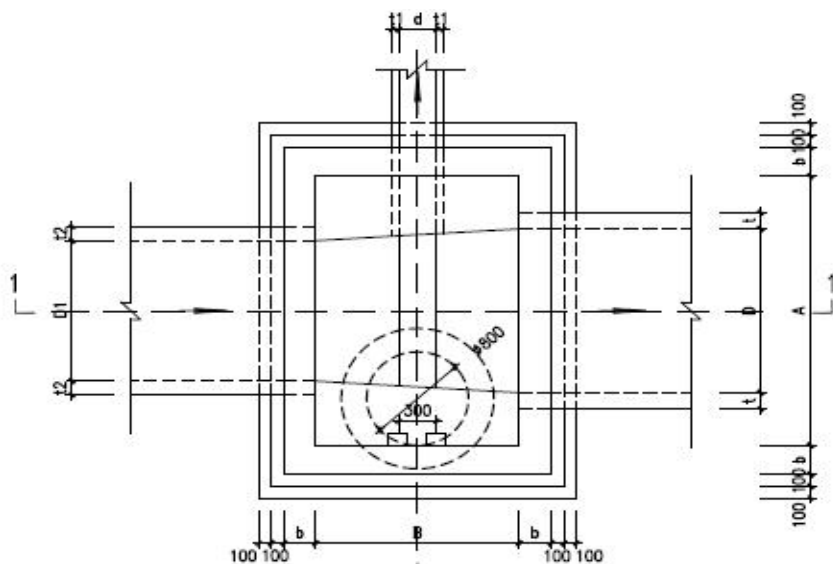


图 6-31 典型雨水弃流井平面图

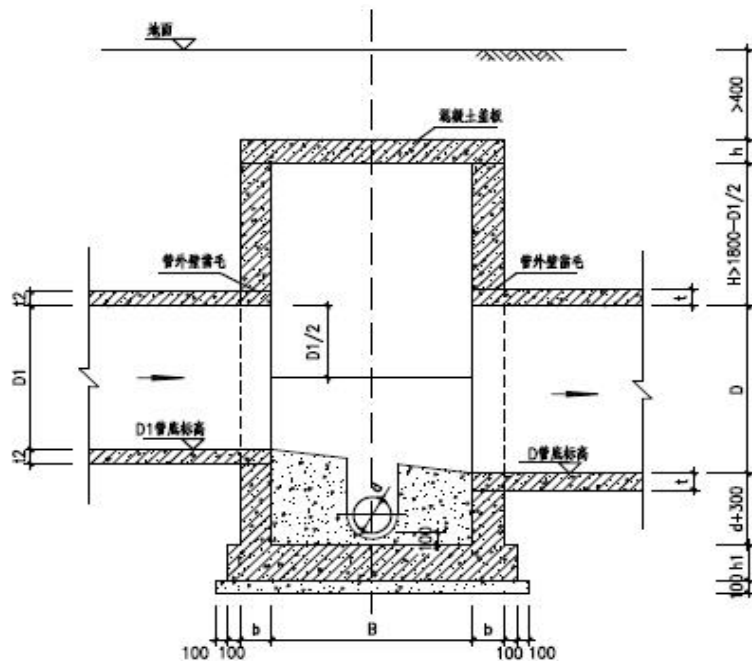


图 6-32 典型雨水弃流井剖面图

适用性：初期雨水弃流设施是其他低影响开发设施的重要预处理设施，主要适用于屋面雨水的雨落管、径流雨水的集中入口等低影响开发设施的前端。

优缺点：初期雨水弃流设施占地面积小，建设费用低，可降低雨水储存及雨水净化设施的维护管理费用，但径流污染物弃流量一般不易控制。

6.4.17.人工土壤渗滤

概念与构造：人工土壤渗滤主要作为蓄水池等雨水储存设施的配套雨水设施，以达到回用水水质指标。人工土壤渗滤设施的典型构造可参照复杂型生物滞留设施。

适用性：人工土壤渗滤适用于有一定场地空间的建筑与小区及城市绿地。

优缺点：人工土壤渗滤雨水净化效果好，易与景观结合，但建设费用较高。

6.4.18.环保型雨水口

环保型雨水口主要起源头截污作用，设计应满足如下条件

1) 雨水口应设置污物截留设施，合流制系统中的雨水口应采取防止臭气外溢措施。

2) 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 倍-3 倍。

3) 道路横坡坡度不应小于 1.5%，平算式雨水口的算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。当设置雨下凹式绿地时，雨水口的算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。

4) 雨水口应设置沉泥槽，且便于清掏和维护。

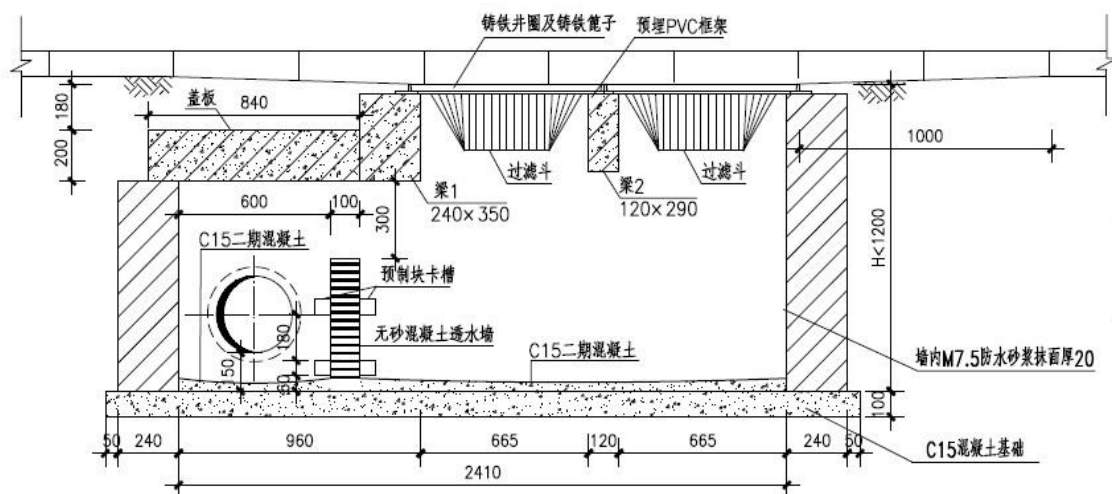


图 6-33 典型环保型雨水口设计图

6.4.19.生态驳岸与护坡

6.4.19.1.生态驳岸

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台阶式驳岸，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。

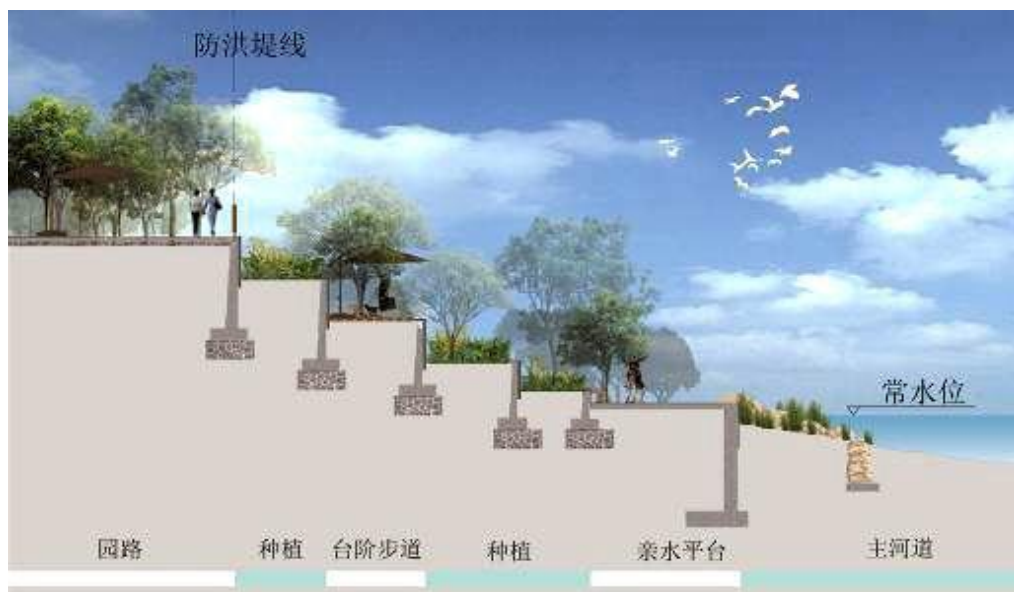


图 6-34 生态型台阶步道驳岸 1

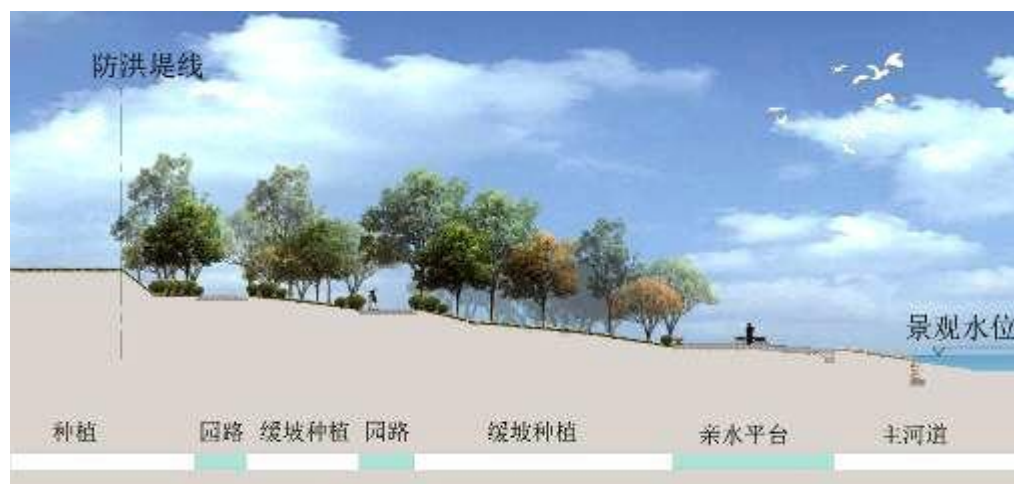


图 6-35 生态型台阶步道驳岸 2

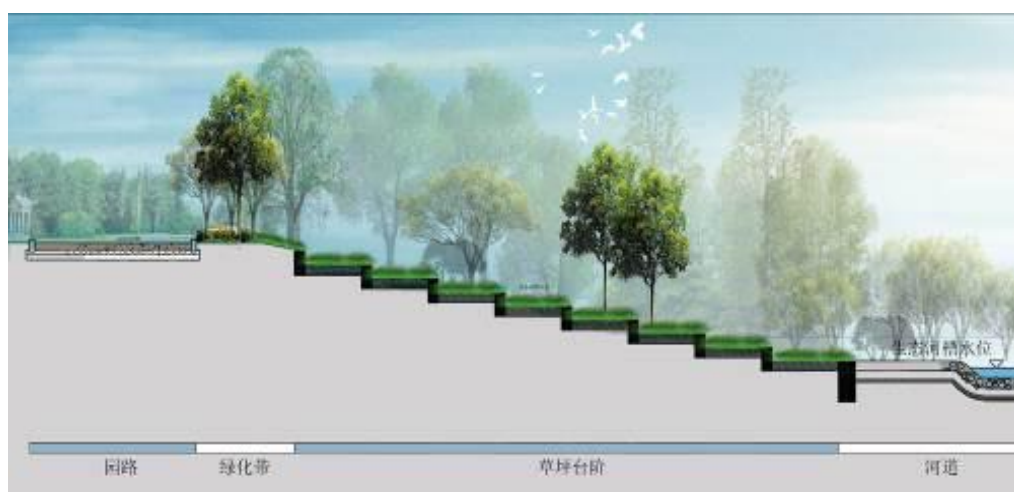


图 6-36 生态型台阶种植驳岸 1



图 6-37 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。

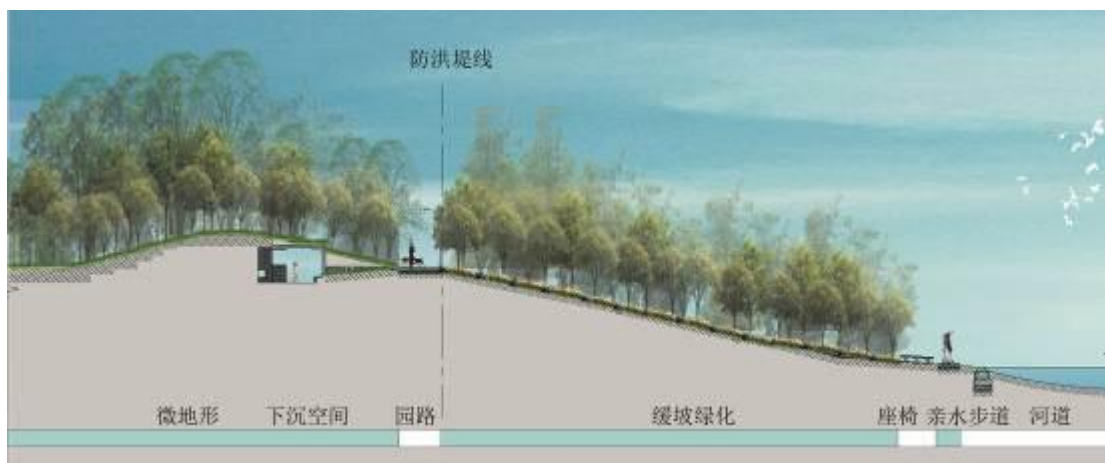


图 6-38 生态型人工草坡驳岸

(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 6-39 生态型亲水驳岸 1

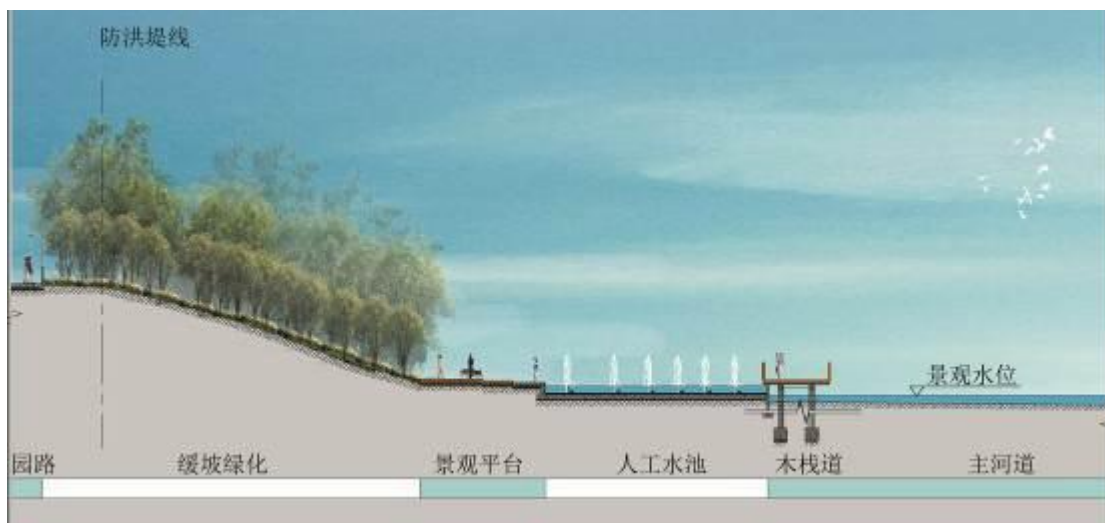


图 6-40 生态型亲水驳岸 2

(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，选择适应性强水生植物。

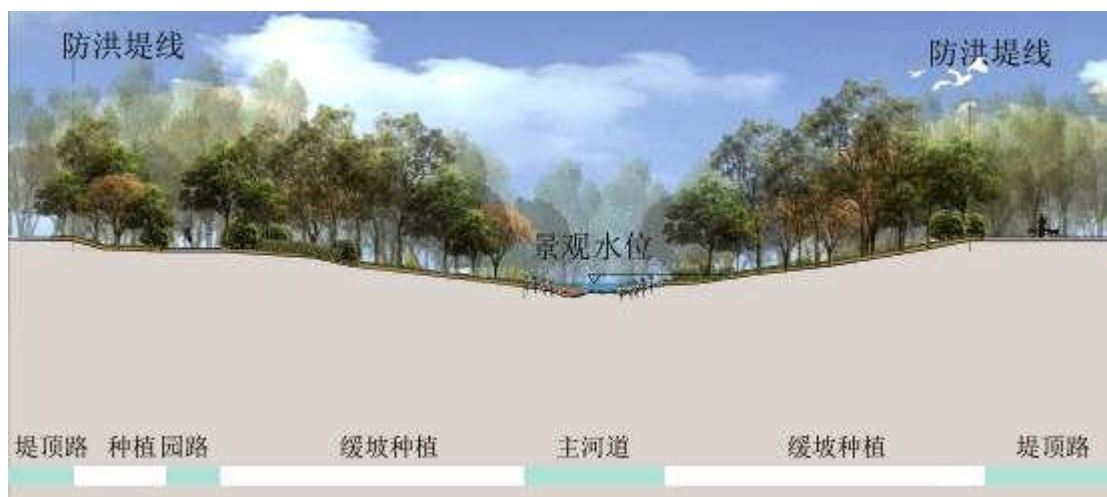


图 6-41 生态型自然林地驳岸



图 6-42 生态型自然湿地驳岸

6.4.19.2.生态护坡

随着技术进步，越来越多的新型生态护坡材料应用于城市生态水系工程中，目前，生态型护坡有如下型式可供选择。

（1）草皮护坡在边坡表面种植草皮，通过草皮的生长活动达到根系加筋、茎叶防冲蚀的目的，经过生态护坡技术处理，可在坡面形成茂密的植被覆盖，在表土层形成盘根错节的根系，可以大大减小暴雨径流对堤坡的冲刷侵蚀，增加土体的抗

剪强度，减小孔隙水压力和土体自重，从而提高边坡的稳定性和抗冲刷能力。同时可防止水土流失、增强绿化面积，改善生态环境。但是，如果人群活动过于集中，将会对草皮护坡造成破坏，影响护坡的效果和美观程度。其一般适用于缓于1:2的边坡。



图 6-43 草皮护坡

（2）三维植被网草皮护坡 三维植被网护坡是指利用活性植物并结合土工合成材料等工程材料，在坡面构建一个具有自身生长能力的防护系统，通过植物的生长对边坡进行加固的一门新技术：在边坡表面覆盖一层土工合成材料并按一定的组合与间距种植多种植物，通过植物的生长活动达到根系加筋、茎叶防冲蚀的目的，经过生态护坡技术处理，可在坡面形成茂密的植被覆盖，在表土层形成盘根错节的根系，有效抑制波浪、暴雨径流对堤坡的侵蚀，增加土体的抗剪强度，减小孔隙水压力和土体自重，从而大幅度提高边坡的稳定性和抗冲刷能力。同时可有效地防止水土流失、增强绿化面积，改善生态环境。其一般适用于缓于1:2的边坡。



图 6-44 三维土工网施工现场

图 6-45 三维土工网草皮护坡建成后

（3）生态土工袋植草护坡 生态土工袋植草护坡是采用抗紫外线的生态袋作为护坡或挡墙的主要材料，属于一种柔性护坡，主要由生态袋、连接扣、绑扎带组成，根据边坡稳定的需要，也可加入土工格栅和辅助材料使其统一发挥作用。生态土工

袋为植被提供了永久理想的环境，可以为植被提供根部保护，具有耐久性、透水不透土、不需做反滤层、可适应不均匀变形、抗冲刷能力强、可绿化性强、施工方便等特点。这种护坡型式可用于各种坡比的边坡防护。



图 6-46 生态袋施工现场



图 6-47 生态袋植草护坡建成后

（4）加筋麦克垫护坡 加筋麦克垫护坡是将麦克垫（一种聚丙烯材料）通过挤压、粘结的方式，与六边形双绞合钢丝网面或土工格栅相结合而形成具有三维结构的复合土工网垫。其能够促进植被的生长并对表层土壤具有加筋作用，主要作用在于固定土体表层，防止水土流失，加速绿化，也可以用于流速较低的河道岸坡防护，具有抗冲防护、保土护种、永久加筋、施工便捷的优点。



图 6-48 加筋麦克垫施工现场



图 6-49 加筋麦克垫护坡建成后

（5）格宾护垫护坡由格宾网构成的薄箱体内装块石组成，常用于岸坡防护和河床护底等防冲刷工程，集柔韧性、透水性、环境亲和性、耐久性、施工便捷性、经济性、抗冲性等诸多优点于一身，厚度为0.23m 的格宾护垫即可承受3.6m/s的水流流速，其承受极限流速可达 5.5m/s，正越来越多地用于城市河道整治工程中。其可以用于缓于1：2的水位变动区护坡。

（6）格宾石笼生态挡墙

由格宾网构成的箱体内装块石组成，常用于挡墙、河道衬砌、堰体及海漫等支挡与冲刷工程，集柔韧性、透水性、环境亲和性、耐久性、施工便捷性、经济性、抗冲性等诸多优点于一身。



图 6-52 格宾石笼挡墙建成初期



图 6-53 格宾石笼挡墙植被自然恢复后

（7）生态连锁块护坡 生态连锁块护坡是一种预制混凝土柔性护坡，耐冲刷，整体性好，而且能适应不均匀沉降的变化，消浪作用较普通混凝土护坡好，视觉效果也较好。生态连锁块护坡可做成开孔式，可在孔中填碎石或种草。



图 6-54 生态连锁块护坡建成初期



图 6-55 生态连锁块护坡植生后

（8）绿化混凝土护坡绿化混凝土护坡的基本结构为：内为无砂混凝土、外为普通混凝土复合结构。也可以按照设计形状确定。外保护层为 C20 混凝土，梯形断面。内生长基为无砂混凝土。其护砌及播种性能均较好，可使安全护砌与环境绿化有机结合起来，再造由水与草共同构成的水环境。这种护坡型式可用于各种坡比的边坡防护。



图 6-56 绿化混凝土护坡建成初期



图 6-57 绿化混凝土护坡建成一年后（缓坡）

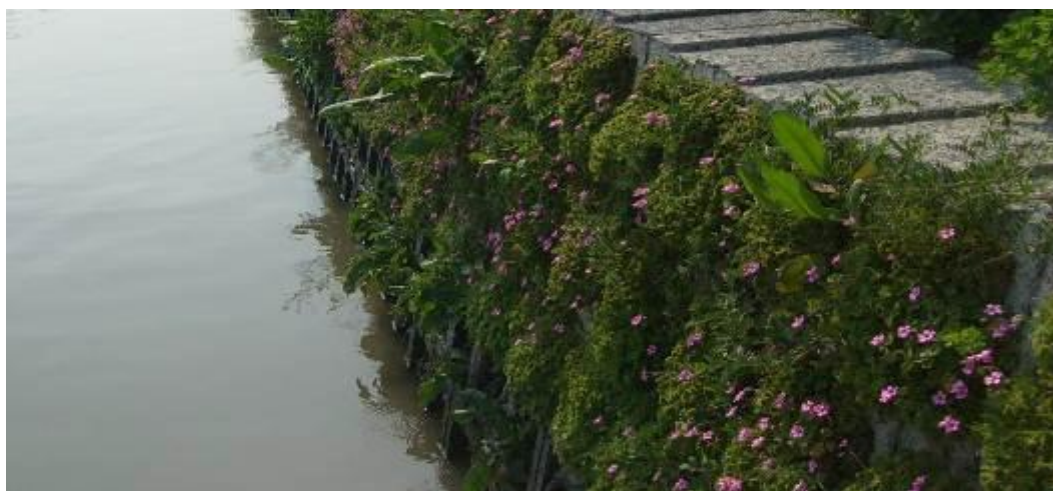


图 6-58 绿化混凝土护坡建成一年后（陡坡）

（9）植物纤维毯护坡 植物纤维毯是采用天然植物纤维（椰壳纤维、棕榈纤维、小麦秸秆、水稻秸秆等）与强化 PP 网结合的方式，经大型自动化生产流水线加工而成的毯状生态护坡材料。该材料广泛应用于河湖护岸、道路护坡、荒山治理等领域，具有抗水流冲刷、防止水土流失、涵养水分、促进植被生长等功能。



图 6-59 植物纤维毯护坡施工完成初期



图 6-60 植物纤维毯护坡复绿效果

通过对以上各种护坡型的分析比较，根据城市水系工程的特点和周边环境的要求，针对不同情况可选择不同的护坡型式。

7. 海绵城市主要计算参数及相关计算方法

7.1. 计算参数

7.1.1. 多年平均径流总量控制与设计降雨关系

江门市的多年平均降雨量与广州市极为接近，参照广州市设计降雨量值。按《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建》（试行）中的《我国部分城市年径流总量控制率对应的设计降雨量值一览表》，广州市对应70%年径流总量控制率的设计降雨量值为25.2mm，即江门市主城区年径流总量控制率为70%，对应的设计降雨量25.2mm。其它不同年径流总量控制率对应的设计降雨量详见下图。



图 7-1 江门市“径流总量控制率-设计雨量”曲线（参考广州）

表 7-1 江门市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%
设计降雨量（mm）	16.2	19.3	22.9	27.4	33.6	42.2	55.0

7.1.2. 暴雨强度公式

江门市水务局联合市气象局编制推导完成了市区暴雨强度公式，经江门市人民政府批准同意，于2016年1月1日开始实施，江门市暴雨强度公式如下：

$$q = \frac{2283.662(1 + 1.128 \lg P)}{(t + 11.663)^{0.662}}$$

式中：P——设计暴雨重现期（年）；

t——降雨历时（min）；

q ——设计暴雨强度 $[L/(s \cdot hm^2)]$;

7.2.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式进行计算：

$$V_s = V - W_p \quad (\text{式} \quad 7.2.1)$$

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”计算；

W_p ——渗透量， (m^3) 。

(2) 渗透设施渗透量按下式进行计算

$$W_p = K J A_s t_s \quad (\text{式} \quad 7.2.2)$$

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。

7.3.以储存为主要功能的设施规模计算

雨水罐、蓄水池、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”及“水量平衡法”计算，并通过技术经济分析综合确定。

7.3.1.径流总量计算方法

$$V = 10H\phi F \quad (\text{式} \quad 7.3.1)$$

式中：V——设计调蓄容积，(m³)；

H——设计降雨量，(mm)；

ϕ ——综合雨量径流系数；

F——汇水面积，(hm²)。

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。

表 7-2 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

汇水面种类	雨量径流系数 ϕ	流量径流系数 ψ
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

7.3.2.水量平衡法方法

水量平衡法主要用于湿塘、雨水湿地等设施储存容积的计算。设施储存容积应首先按照“容积法”进行计算，同时为保证设施正常运行（如保持设计常水位），再通过水量平衡法计算设施每月雨水补水水量、外排水量、水量差、水位变化等相关参数，最后通过经济分析确定设施设计容积的合理性并进行调整，水量平衡计算过程可参照下表。

表 7-3 水量平衡计算表

项目	汇流雨水量	补水量	蒸发量	用水量	渗漏量	水量差	水体水深	剩余调蓄高度	外排水量	额外补水量
单位	m ³ /月	m ³ /月	m ³ /月	m ³ /月	m ³ /月	m ³ /月	m	m	m ³ /月	m ³ /月
编号	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
1月										
2月										
.....										
11月										
12月										
合计										

7.4.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、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。

$$V = \text{Max} \left[\int_0^T (Q_{in} - Q_{out}) dt \right] \quad (\text{式} \quad 7.4.1)$$

式中：V——调节设施容积，（m³）； Q_{in} ——调节设施的入流流量，（m³/s）；

Q_{out} ——调节设施的出流流量，(m³/s)； t ——计算步长，(s)； T ——计算降雨历时，(s)。

7.5.以转输为主要功能的设施规模计算

$$Q = \psi q F \quad (\text{式7.4.2})$$

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•hm²）；

F——汇水面积，（hm²）。

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。

7.6.模拟技术的应用

7.6.1.模型原理

排水管网模型涉及众多的自然和人工设施要素，如地表街道、污水管网、雨水管网、合流制管网、明渠、水库、天然河道等，因此排水管网模型具有结构复杂和模拟参数多的特点。通常，排水管网模型的模拟过程由三部分构成，即地表径流过程模拟、径流污染过程模拟和管网传输过程模拟，如下图所示。

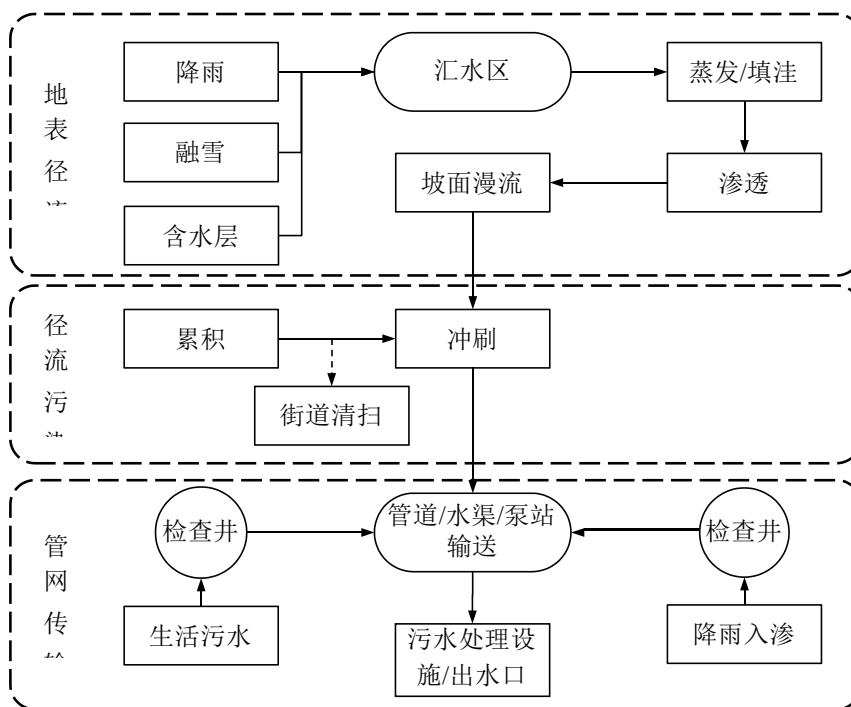


图 7-2 排水管网模型结构示意图

地表径流过程模拟主要是描述降雨事件发生后，汇水区发生的洼地蓄水、蒸发和入渗等径流损失，以及生成城市地表径流的过程，它包括输入降雨过程，计算径流损失、净雨量和地表汇流过程。径流污染过程模拟主要是描述各种污染物组分在地表旱季的累积过程和雨季随径流过程进入到排水管道的冲刷过程。管网传输过程模拟主要是描述雨污水汇流后由排水管网输送到接纳水体或污水处理厂的过程，其核心部分是管网汇流的计算，即管道中水流由上游向下游运动的演算过程，并从中确定系统各节点和管道的流量、水深、流速和水质等状态信息。

通过分析国内外雨水系统规划设计方法，在借鉴国外先进技术和经验的同时，结合目前我国目前的经济技术水平和案例实践，在规划设计中的应用雨水系统数学模型的基本流程如下（对于具体案例情况，应对基本流程加以适当调整）：

（1）明确研究对象和研究范围：确定研究对象，考虑研究对象与相邻雨水系统的影响关系，确定研究范围。

（2）现状资料收集与整理：围绕研究对象，在研究范围内进行雨水系统现状资料、设计资料以及监测资料的收集与整理，为后续工作奠定基础。

（3）建立雨水系统模型：雨水系统模型包括现状系统模型和规划模型两类，分别用来进行现状评估和规划方案分析（包括超标降雨风险分析），两类模型构

建均包括：标准数据库的建立、模型软件的选取、暴雨雨型的确定、模型参数率定等工作。

（4）规划设计标准确定：无论是建成区雨水系统改造还是新建区雨水系统规划，均需要根据实际情况和相关法规要求，确定雨水系统规划设计标准，以指导规划方案的制订。

（5）规划方案确定：应根据确定的规划设计标准编制方案。

（6）模型模拟评估及优化调整：对于规划方案，应建立规划系统模型，利用规划模型模拟，最后根据模拟结果对规划方案进行优化调整。

我国已有较多城市开展了相关建模工作，并取得了一批成果，后续工作应在以上工作成果的基础上进行。在模型构建和测试的报告或者章节中应该包括以下内容：1）模型软件选择；2）数据检查、数据标签设置、缺失数据推断；3）模型简化说明；4）产汇流模型选择；5）模型参数设置（和率定）；6）模型稳定性测试。同时，随着城市开发建设的进行，经过验证的成果模型和实际情况之间会存在差异，模型工程师应对这些差异进行分析评估并对方案进行相应调整。这些差异包括但不限于：1）系统功能性变化，如管渠淤积或清淤导致的粗糙系数或过水断面变化；2）系统结构性变化，如进行管网改造或增加泵闸等；3）地块用地性质变化。

7.6.2.模型介绍

城市排水管网模型众多，本节主要介绍以国外常用的模型。

（1）SWMM 模型

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计算机模型。SWMM 将城市排水管网系统中的水文和水力要素概化为管线（Link）、节点（Node）和汇水区（Catchment）三种类型。用非线性水库模型模拟地表径流，用圣维南方程演算管网的输送过程，用累积-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的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。

SWMM 模型从 1971 年由美国环保署（USEPA）资助开发，目前已经历了五个阶段，即 1971 年的 SWMM 1, 1975 年的 SWMM 2, 1981 年的 SWMM 3, 1988 年的 SWMM 4 以及 2005 年的 SWMM 5，其中 SWMM 5 实现了从 DOS 到 Windows 可视化界面软件系统的飞跃，目前版本为 2015 年 4 月更新的 5.1 版。

（2）Mike Urban 模型

MIKE FLOOD 模型是由丹麦水力研究所（Denmark Hydraulic Institution, DHI）开发的专业工程软件包，主要应用领域涉及城市防洪排涝、洪泛区及蓄滞洪区模拟、溃坝洪水反演等。该模型可用来模拟城市集水区及排水管网系统中的地表径流、管流、水质和泥沙传输，其一维水动力学模块可准确地描述管网中的非恒定流水流状态。MIKE FLOOD 为 MIKE URBAN、MIKE 11 及 MIKE 21 等模块之间提供了多种有效且动态的连接方式，更好地实现真实水流交换过程的模拟。

MIKE 系列模型中产流模块采用的是前损法和固定径流系数法，参数主要涉及初损、平均表面流速、水文衰减系数等；汇流模块提供了四种计算方法，即时间面积曲线、动力波模型-非线性水库、线性水库和单位水文过程线，具备仿真度高，模拟数据结果与实测数据高度吻合的优点，其功能非常强大，在欧洲、澳洲、中国香港、台湾等地区广泛应用。

Mike Urban 是 MIKE 系列水动力模型之一，可以利用该模型以相关规划目标为前提条件，将现有流域状况或是规划改造后的状态，作为模型的边界条件，对城市地表集水区和排水管网进行动态模拟，包括现状管网排水能力评估以及风险评估、内涝发生的时空分布分析、不同控制方案的规划和筛选等。

Mike Urban 有完整的城市管网模型和 GIS 环境，分为供水系统（Mike Urban WD），排水系统（Mike Urban CS），其排水管网模拟模块包括降雨径流模块、管流模块、控制模块（RTC）、污染物传输模块（PT）等。管流模块基于动态流一维 St. Venant（圣维南）方程来进行管流模拟，认为水流变量沿管道横断面没有变化。这种算法对边界和管网的连接提供了很高的效率和准确度。

Mike Urban在产流计算模块一般采用固定径流系数法，所需要参数主要是不同种类地表的径流系数；该模型在汇流计算部分，提供了时段单位线法、等流时线法、非线性水库法等不同的方法。其中，等流时线法所要求的参数主要为地表汇流速度和地表平均汇流时间。在管网模拟部分，与SWMM模型及Info Works模型一致，是基于一维圣维南方程来进行管流模拟，需要的参数主要是管道曼宁系数。

（3）Infoworks ICM 模型

Infoworks ICM是英国Wallingford公司研发的排水模型软件，是该领域内采用的最广泛的模拟软件之一。InfoWorks CS是Infoworks ICM的早期版本，它也是较早提出在城市排水管网中将水力及水质进行结合的综合模型软件。模型在早期是由降雨径流模型（WASSP）、水质模型（MOSQUITO）和压力流动力波管道模型（SPIDA）及非压力流管道模型（WALLRUS）4个部分组成。后来，HR Wallingford公司用Hydroworks QM模型取代其中的WALLRUS，MOSQUITO模块。该模块主要用于计算水质及管道沉积物的形成与迁移，并于1998年集成到InfoWorks CS中。

软件采用分布式的模型模拟降雨—径流的过程，它将管网进行详细的集水区划分，并根据地面的位置以及不同组成要素的地面产流特征对集水区进行划分，以此提高模型的准确性。对每个子集水区的参数进行一系列相应定义和表征，在此基础上，根据集水区空间划分以及不同产流特征的表面进行管网径流计算。其主要的计算单元有：初期损失、产流计算、汇流模型等。

目前，城市排水管网模型主要分为三类：水文模型、水力模型以及综合模型。水文模型主要是利用黑箱模式或者灰箱模式对降雨的产汇流进行相关的模拟；另外，水力模型主要的研究对象为管网中流速、流量等水力要素值，其工作原理是利用微观物理定律或者连续性方程对坡面以及管网中的雨污水进行模拟。综合模型顾名思义，是对水文模型以及水力模型的综合运用，包括管网中水力要素及污染物等的模拟研究等。Infoworks ICM软件即为综合模型，其不同于以往的以工程经验或者理论为基础的传统排水软件，它具有不受条件限制，运算速度快，用时少，兼容性好等优点。

7.6.3.模型建立与参数验证

通常，排水管网模型的构建和应用流程如下图所示。

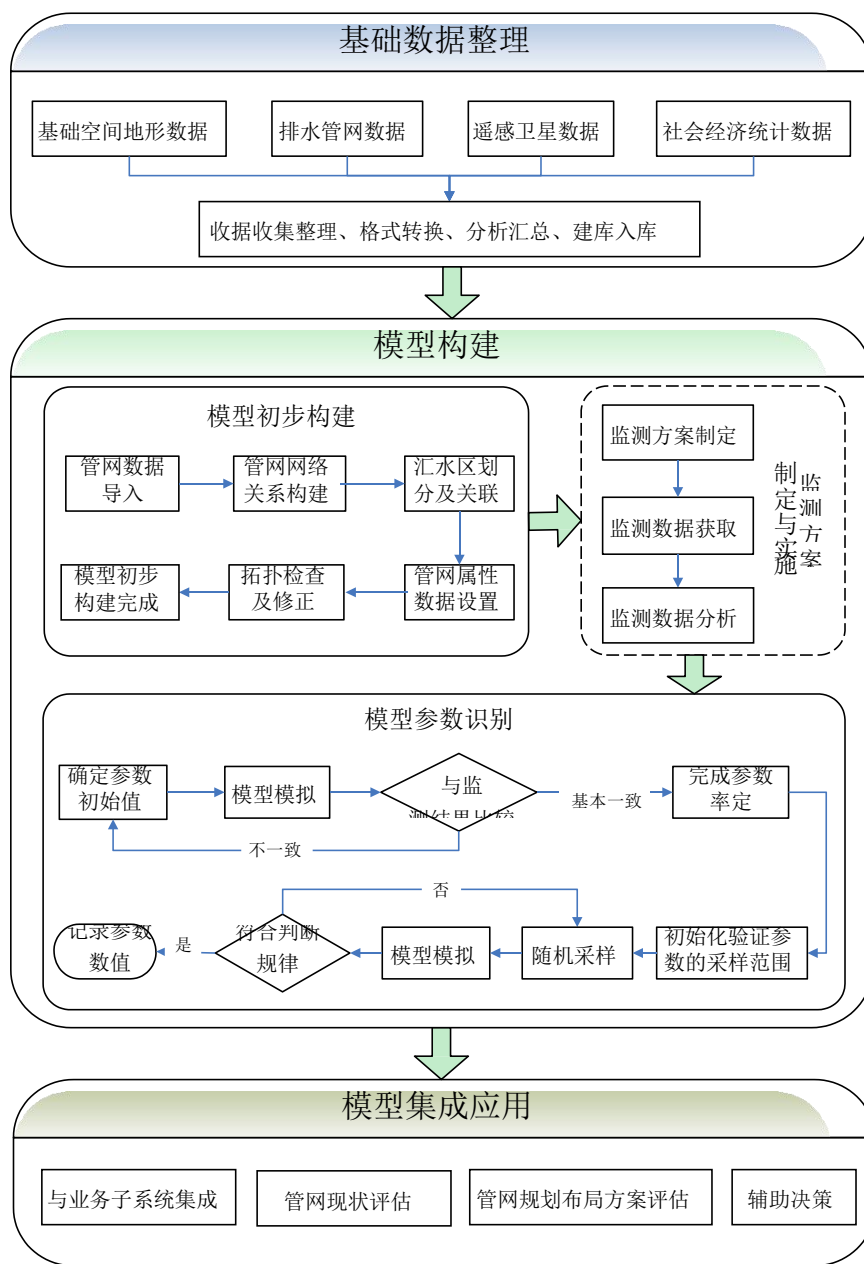


图 7-3 排水管网模型构建和应用流程图

基础数据的收集和整理是排水管网模型构建的基础，具有重要的意义。在模型构建之前，首先需要对基础空间地形数据、排水管网数据、遥感卫星数据、社会经济统计数据等基础数据进行广泛的收集整理，从而为后续模型构建过程中的属性数据设置、拓扑关系检查及修正等关键步骤提供必要的技术支持。为了使收集的各类数据得到有序可靠的存储和管理，并为模型的应用以及排水管网相关查询分析或决策支持系统的开发提供良好的数据条件，可以参考第 5 章中介绍的相关技术方法，设计并建立排水管网综合数据库，同时为排水管网的数据管理、

网络分析与模型模拟等功能的开发与应用提供统一的数据支持。

在排水管网模型构建过程中，通常需要完成三部分工作：

（1）模型初步构建；

（2）现场监测方案的制定与实施；

（3）模型参数的识别。只有基于真实排水管网属性数据与网络拓扑结构进行模型构建，依据真实监测数据进行模型的参数识别，才能使建立的数学模型客观反映排水管网的运行规律，为排水管网的数字化管理提供可信的科学依据。

在模型构建的基础上，通过进一步集成开发，可以将模型与相关业务子系统紧密集成，从而实现在各种不同模拟情景条件下，对管网系统的水力和水质的变化规律进行动态仿真模拟，为管网现状评估、管网规划布局方案评估及其它排水管网运行问题的分析与辅助决策提供科学的数据支持。

排水管网模型中所涉及的参数可分为确定性参数和不确定性参数两类。确定性参数通常是管长、管径等几何参数，可通过 GIS 工具和相关数据提取获得较真实的数值，在模型构建的过程中可直接使用而不需要率定；对于不确定性参数，通常无法通过测量手段得到其准确值，也有可能由于相关资料缺失而导致无法提取。在初步构建排水管网模型并对获得的监测数据进行整理与分析后，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，并在不确定性环境下对模型中的不确定性参数进行参数识别，以使模型更加真实的反映排水管网的客观排水规律。

模型的参数识别是模型应用的前提和基础，随着模型研究和应用的不断深入，模型的结构和参数日趋复杂，模型参数识别的难度也逐渐增加。对复杂模型的参数进行有效识别是模型研究和应用的一个重要内容。由于排水管网模型具有一定的空间分布特征，使用单一参数或空间集总式参数进行模拟分析容易造成决策偏差，而将参数进行空间分布差异化，使用多组行为参数进行模拟计算，有利于增强模型参数的物理意义，提高模型对现实规律的解释分析能力，降低环境管理过程中的决策风险。在研究区域基础资料比较丰富、空间数据分辨率较高、监测数据质量较好的情况下，可利用 GIS 中的空间叠加与地学统计相关分析方法，对关键的模型参数进行“分布式”处理。以汇水区不透水率参数的分布式处理为例，通过基础地理信息图层可将地表分成屋顶、道路、绿地和综合性用地四种类

型，各类地表的不透水率可以根据经验设定，然后将汇水区图层与土地利用 GIS 图层进行空间叠加处理，计算出各个子汇水区中各类土地利用类型所占面积的比例，并根据此比例加权计算得到各个子汇水区的汇水区不透水率，从而使汇水区不透水率参数的设定与现实中的空间分布特性更为相似，进而降低该重要参数的识别难度。此外，可以按照管道建设年代和材质的不同，分类设定管道曼宁粗糙系数；或通过细分典型下垫面类型，充分利用水质监测数据设定各种土地利用类型的污染物累积和冲刷参数的先验分布。目前，模型参数的识别方法可以分为两种，即基于优化思想的参数识别方法和基于不确定性分析的参数识别方法。基于优化思想的参数识别方法致力于寻求一组参数使得模型的模拟值尽可能地接近真实值，常用的参数优化识别算法包括模拟退火算法（Simulated Annealing, SA）、遗传算法（Genetic Algorithms, GA）、单纯形算法（Simplex Method, SM）、复合形混合演化算法（Shuffled Complex Evolution method developed at the University of Arizona, SCE-UA）、控制随机搜索算法（Controlled Random Search, CRS）和退火单纯形算法（Annealing Simplex, AS）等，这些方法致力于通过算法的改进来提升模型参数寻优的效率与偏差。而在模型实际应用的过程中，模型模拟的结果与实测值之间存在的偏差主要是由人们对现实世界认识的局限性、现有监测技术手段的不足、相关资料的缺失等各种因素造成的。不确定性理论的发展改变了传统的基于优化思想的参数识别体系，为了获取更可靠的模型参数，不确定性思想认为通过一定的统计方法获得的多组参数具有更强的现实意义。基于不确定性分析的参数识别方法使用参数的后验分布来代替单一的优化参数，进而可以对模型输出的不确定性做出估计，与基于优化思想的参数识别方法相比，该方法可以在一定程度上保证模型的可靠性，降低模型使用的决策风险。