

中山市海绵城市建设技术导则

(试行)

中山市住房和城乡建设局

2023年10月

前言

为全面贯彻落实国务院和住房城乡建设部关于加强城市基础设施建设与推进海绵城市相关工作要求，根据《关于推进海绵城市建设的指导意见》（国办发〔2015〕75号）、《住房和城乡建设部办公厅关于进一步明确海绵城市建设工作有关要求的通知》（建办城〔2022〕17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）等政策文件要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准和要求，并在广泛征求意见的基础上，编制了本技术导则。

本导则内容包括：1.总则；2.术语；3.建设指标；4.相关计算；5.规划；6.设计；7.施工；8.验收；9.运行维护；10.监测评估；11.附录。

本导则由中山市住房和城乡建设局负责管理，广东省建筑科学研究院集团股份有限公司负责具体技术内容的解释。请各单位在使用过程中，总结实践经验，提出意见和建议。

组织单位：中山市住房和城乡建设局

编制单位：广东省建筑科学研究院集团股份有限公司

主要起草人：支喜华 刘 军 孙书航 周子栋 彭超恒

蔡文豪 黄太福 周 密 任学焘 陈碧滢

黄 玲 李冠军

主要审查人：王少林 聂洪文 彭世瑾 苏君康 邵孟新

李 胜 王宏杰 王 波 聂锦旭 魏 臻

目录

| | | |
|----------|---------------------|-----------|
| 1 | 总则 | 1 |
| 2 | 术语 | 3 |
| 3 | 建设指标 | 6 |
| | 3.1 指标体系的构成和层次..... | 6 |
| | 3.2 市级层面目标指标..... | 6 |
| | 3.3 区域层面目标指标..... | 7 |
| | 3.4 建设项目分类控制指标..... | 8 |
| 4 | 相关计算 | 13 |
| | 4.1 基础资料及计算公式..... | 13 |
| | 4.2 年径流总量控制率核算..... | 15 |
| | 4.3 年径流污染控制率计算..... | 16 |
| | 4.4 设施规模计算..... | 18 |
| 5 | 规划 | 21 |
| | 5.1 一般规定..... | 21 |
| | 5.2 国土空间总体规划..... | 21 |
| | 5.3 海绵城市建设专项规划..... | 21 |
| | 5.4 海绵城市近期建设规划..... | 24 |
| | 5.5 控制性详细规划..... | 25 |
| | 5.6 方案设计..... | 26 |
| | 5.7 规划衔接..... | 29 |
| 6 | 设计 | 30 |
| | 6.1 一般规定..... | 30 |
| | 6.2 建筑与小区..... | 31 |
| | 6.3 绿地与广场..... | 32 |
| | 6.4 城市道路..... | 35 |
| | 6.5 城市水系..... | 37 |
| | 6.6 技术措施..... | 39 |

| | |
|----------------------|-----------|
| 6.6.1 海绵设施类型及应用..... | 39 |
| 6.6.2 透水铺装..... | 40 |
| 6.6.3 下沉式绿地..... | 41 |
| 6.6.4 绿色屋顶..... | 41 |
| 6.6.5 植草沟..... | 43 |
| 6.6.6 植被缓冲带..... | 44 |
| 6.6.7 生物滞留设施..... | 44 |
| 6.6.8 雨水湿地..... | 46 |
| 6.6.9 雨水调蓄设施..... | 46 |
| 6.6.10 湿塘..... | 47 |
| 6.6.11 初期弃流设施..... | 48 |
| 6.7 成果表达要求..... | 48 |
| 7 施工 | 50 |
| 7.1 一般规定..... | 50 |
| 7.2 设施施工..... | 51 |
| 8 验收 | 56 |
| 8.1 一般规定..... | 56 |
| 8.2 施工质量验收..... | 57 |
| 9 运行维护 | 60 |
| 9.1 一般规定..... | 60 |
| 9.2 建筑与小区..... | 60 |
| 9.3 绿地与广场..... | 61 |
| 9.4 城市道路..... | 62 |
| 9.5 城市水系..... | 63 |
| 9.6 设施维护..... | 64 |
| 10 监测评估 | 68 |
| 10.1 监测系统..... | 68 |
| 10.2 实施效果评估..... | 69 |

| | |
|---------------------------|-----------|
| 11 附录 | 72 |
| 附录一：编制依据..... | 72 |
| 附录二：相关基础资料..... | 75 |
| 附录三：中山市相关植物名录..... | 78 |
| 附录四：具体项目年径流总量控制率计算案例..... | 80 |

1 总则

1.0.1 为全面贯彻落实国家关于海绵城市建设的相关要求，实现中山市海绵城市的建设目标，提高中山市海绵城市建设的科学性，指导海绵城市相关规划编制和建设项目设计、施工、管理和评估，制订本技术导则。

1.0.2 本导则为中山市海绵城市技术指引体系的主体，确定中山市建设项目的海绵城市建设目标及各建设阶段与运行管理的主要内容，与其他技术指引共同构成中山市海绵城市技术指引体系。

1.0.3 本导则适用于中山市域范围内各类海绵城市规划的编制以及新建、改建、扩建项目中的海绵城市的设计、施工、验收和运行维护，涵盖了城市建筑与小区、绿地与广场、城市道路、河湖水系等。

1.0.4 在城市建设过程中，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，贯彻自然积存、自然渗透、自然净化的海绵城市理念，优化空间利用方式，注重对河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等城市原有生态系统的保护和修复。

1.0.5 海绵城市建设应统筹发挥自然生态功能和人工干预功能，尽量减少开发建设不透水面积，通过对雨水的调蓄和滞留，削减径流峰值，减少对原有水文循环的影响，维持场地开发前后的水文特征基本不变，包括径流总量、峰值流量、峰现时间等，通过源头减排、中途转输、末端排放等综合措施，形成完善的雨水系统。

1.0.6 规划、建筑、给排水、水利、道路、园林绿化、环保、经济等相关专业的紧密配合、相互协调。

1.0.7 各类海绵城市技术措施应与主体工程同时规划、同时设计、同时施工和同时投入使用。

1.0.8 海绵城市设施不得对建筑、绿地、道路等设施的安全造成负面影响。对存在安全隐患的海绵城市设施应采取防护措施，并设置标识或警示牌。

1.0.9 中山市海绵城市建设除应符合本导则外，尚应符合国家现行有关规范、标准，以及广东省和中山市的现行相关规范、标准的规定。当地方标准与国家标准有矛盾时，以国家标准为准。

1.0.10 随着中山市海绵城市建设的推进和相关工程的实践，应对本导则内容进一步完善和优化。

2 术语

2.0.1 海绵城市

通过城市规划、建设的管控，从“源头减排、过程控制、系统治理”着手，综合采用“渗、滞、蓄、净、用、排”等技术措施，统筹协调水量与水质、生态与安全、分布与集中、绿色与灰色、景观与功能、岸上与岸下、地上与地下等关系，有效控制城市降雨径流，最大限度地减少城市开发建设行为对原有自然水文特征和水生态环境造成的破坏，使城市能够像“海绵”一样，在适应环境变化、抵御自然灾害等方面具有良好的“弹性”，实现自然积存、自然渗透、自然净化的城市发展方式，有利于达到修复城市水生态、涵养城市水资源、改善城市水环境、保障城市水安全、复兴城市水文化的多重目标。

2.0.2 年径流总量控制率

通过自然与人工强化的渗透、滞蓄、净化等方式控制城市建设下垫面的降雨径流，得到控制的年均降雨量与年均降雨总量的比值。

2.0.3 设计降雨量

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

2.0.4 年径流污染控制率

在多年平均降雨条件下，雨水径流经过海绵城市建设设施的物理、化学和生物等作用，规划或设计范围内累计全年削减的径流污染物总量占全年雨水径流污染物总量的百分比。

2.0.5 可渗透面积比例

指除屋面外，具有透水性能的地面面积（含水体）与地面总面积的比值。

2.0.6 雨水资源利用率

区域系统和建筑与小区系统的雨水资源利用率指年雨水利用总量占年降雨量的比例；绿地系统的雨水资源利用率指绿地系统年雨水利用总量占绿地区域年径流总量的比例。

2.0.7 超标雨水径流

超出排水管渠设施承载能力的雨水径流。

2.0.8 雨水渗透

利用人工或自然设施，使雨水下渗到土壤表层以下，以补充地下水。

2.0.9 雨水滞留

在降雨期间暂时储存部分雨水，以增加雨水渗透、蒸发并收集回用的措施。

2.0.10 雨水调节

在降雨期间暂时储存一定量的雨水，削减向下游排放的雨水峰值流量、延长排放时间，一般不减少排放的径流总量，也称调控排放。

2.0.11 雨水储存

采用具有一定容积的设施，对径流雨水进行滞留、集蓄，削减径流总量，以达到集蓄利用、补充地下水或净化雨水等目的。

2.0.12 雨水调蓄

雨水储存和调节的统称。

2.0.13 海绵设施

对于雨水具有“渗、滞、蓄、净、用、排”等一项或多项的类似于海绵效应的工程建设设施。在本导则中，海绵设施主要包括绿色屋顶、透水铺装、下沉式绿地、植草沟、植被缓冲带、生物滞留设施、雨水湿地、雨水罐、蓄水池和初期雨水弃流设施等。

2.0.14 透水铺装

可渗透、滞留和渗排雨水并满足一定要求的地面铺装结构。

2.0.15 下沉式绿地

低于周边汇水地面或道路，且可用于渗透、滞蓄和净化雨水径流的绿地。

2.0.16 绿色屋顶

在高出地面以上，周边与自然土层不相连接的各类建筑物、构筑物的顶部以及天台、露台上由植被层、覆土层和疏水设施构建的屋顶。

2.0.17 植草沟

用来收集、输送、削减和净化雨水径流的表面覆盖植被的明渠。

2.0.18 雨水湿地

利用物理、水生植物和微生物等作用净化雨水的湿地。

2.0.19 生物滞留设施

通过植物、土壤和微生物系统滞留、渗滤、净化雨水径流的设施。

2.0.20 雨水花园

利用浅洼地形，种植当地的耐旱耐涝植物，通过吸附、渗透和过滤等原理对降落在不透水表面的雨水进行控制利用，具有良好的景观效果。

2.0.21 生态树池

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。

2.0.22 植被缓冲带

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

2.0.23 雨水调蓄池

具有雨水调蓄功能和削减峰值流量作用的，采用钢筋混凝土浇筑或砖（石）砌筑的、或工业成品、或由塑料蓄水模块拼装而成等方式的一种集蓄利用设施。

2.0.24 雨水罐

也称雨水桶。一种适用于建筑屋面雨水收集利用的，可由塑料、玻璃钢或金属等材料制成的，地上式或地下封闭式的简易雨水集蓄利用设施。

2.0.25 初期雨水弃流设施

通过一定方法或装置，将存在初期冲刷效应的、污染物浓度较高的降雨初期径流予以弃除，以降低雨水后续处理难度的一种设施。

2.0.26 生态护岸

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

3 建设指标

3.1 指标体系的构成和层次

3.1.1 中山市海绵城市建设目标包括水生态、水环境、水安全、水资源四个方面。指标分为约束性指标和鼓励性指标，约束性指标为适用范围内所有建设项目必须遵守的指标，鼓励性指标为参考指标。

3.1.2 中山市海绵城市建设指标分为市级层面、区域层面和建设项目三个层次。各层次对应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。

3.2 市级层面目标指标

3.2.1 在市级层面，以实现修复水生态、改善水环境、提高水安全、涵养水资源为导向，根据国家政策文件要求，结合中山市实际，建立如下指标体系，共 4 类指标，13 个分项指标。

表 3.2.1 中山市海绵城市建设指标体系

| 类别 | 序号 | 指标 | 目标值 | | 指标类型 | 适用范围 |
|-----|----|-----------------|---|---------------------|------|------|
| | | | 近期（2025 年） | 远期（2035 年） | | |
| 水生态 | 1 | 年径流总量控制率 | 50%的城市建成区面积达到 70% | 80%的城市建成区面积达到 70% | 约束性 | 市区 |
| | 2 | 可透水面积比例 | 城市建成区 40% | 城市建成区 45% | 约束性 | 市区 |
| | 3 | 天然水域面积比例 | ≥10% | | 约束性 | 全市域 |
| | 4 | 生态岸线比例 | ≥60% | ≥70% | 鼓励性 | 全市域 |
| 水环境 | 5 | 水功能区水质达标率 | 达到国家、省下达目标 | | 约束性 | 全市域 |
| | 6 | 黑臭水体消除比例 | 100%，新发现城市黑臭水体及时消除 | | 约束性 | 市区 |
| | 7 | 径流污染控制率（以 SS 计） | 50%的城市建成区达标区域达到 50% | 80%的城市建成区达标区域达到 50% | 鼓励性 | 市区 |
| 水安全 | 8 | 内涝积水区段消除比例 | 现状积水点全部消除 | 新增积水点 2 年内消除 | 约束性 | 中心城区 |
| | 9 | 雨水管渠设计标准 | 雨水管渠设计重现期下雨水管网达标率 100% 中心城区新建地区 3 年一遇、旧城区 2 年一遇、重要地区 5 年一遇、地下通道及下沉空间 30 年一遇；其他镇街 2 年一遇 | | 约束性 | 全市域 |
| | 10 | 内涝防治标准 | 内涝防治设计重现期下不内涝 中心城区、翠亨新区和火炬开发区 30 年一遇；其他镇街 20 年一遇 | | 约束性 | 全市域 |
| | 11 | 城市防洪标准 | 50 年~200 年一遇 | | 约束性 | 全市域 |

| 类 | 序 | 指标 | 目标值 | | 指标 | 适用 |
|-----|----|---------|---|-------------------------|-----|-----|
| | | | | | | |
| | | | 中珠联围中山段、中顺大围、张家边联围和翠亨新区 200 年一遇；民三联围、五乡联围、文明围、大岑围、大南联围、三乡围、横石围、马新围和大雁围等 100 年一遇；其余龙鳞沙围、大芒刀围、竹排围等 50 年一遇 | | | |
| 水资源 | 12 | 雨水资源利用率 | 110 万 m ³ /年 | 490 万 m ³ /年 | 约束性 | 全市域 |
| | 13 | 再生水利用率 | 25% | | 鼓励性 | 全市域 |

3.3 区域层面目标指标

3.3.1 中心城区、各镇区编制区域性海绵城市专项规划、控制性详细规划，其年径流总量控制率目标可参考表 3.3.1 中的数值。

表 3.3.1 中心城区行政区及其他镇区年径流总量控制率目标

| 中心城区各行政区年径流总量控制目标 | | | |
|-------------------|-------|-----------------------|--------------|
| 序号 | 镇街名称 | 面积 (km ²) | 年径流总量控制率 (%) |
| 1 | 石岐区 | 22.58 | 65 |
| 2 | 东区 | 73.21 | 70 |
| 3 | 西区 | 25.18 | 68 |
| 4 | 南区 | 49.14 | 70 |
| 5 | 五桂山 | 101.23 | 72 |
| 6 | 港口镇 | 71.27 | 72 |
| 7 | 火炬开发区 | 85.22 | 65 |
| 各镇年径流总量控制目标 | | | |
| 序号 | 镇街名称 | 面积 (km ²) | 年径流总量控制率 (%) |
| 8 | 板芙镇 | 79.69 | 70 |
| 9 | 大涌镇 | 40.66 | 71 |
| 10 | 东凤镇 | 56.24 | 69 |
| 11 | 小榄镇 | 147.30 | 66 |
| 12 | 阜沙镇 | 35.40 | 72 |
| 13 | 古镇镇 | 52.20 | 68 |
| 14 | 横栏镇 | 75.73 | 69 |
| 15 | 黄圃镇 | 88.38 | 72 |
| 16 | 南头镇 | 25.74 | 68 |
| 17 | 三角镇 | 70.10 | 72 |
| 18 | 三乡镇 | 93.62 | 72 |
| 19 | 沙溪镇 | 52.39 | 71 |
| 20 | 神湾镇 | 60.92 | 70 |
| 21 | 坦洲镇 | 129.58 | 72 |
| 22 | 南朗街道 | 151.92 | 70 |
| 23 | 民众街道 | 124.12 | 72 |
| 24 | 翠亨新区 | 69.15 | 70 |
| 合计 | | 1780.97 | 70 |

3.3.2 中心城区控规单元的径流总量控制率目标应参考中心城区排水分区的指标（详见《中山市海绵城市建设专项规划（2022-2035）》）。若控规单元与排水分区边界不完全重合，则将控规单元根据排水分区界线进一步分成小分区，通过各小分区内管控目标的加权平均，达到二级排水分区的目标要求。

3.3.3 根据新建、改建、保留用地面积划分控规单元类型，集中新、改建单元应参考排水分区指标，部分新、改建单元可参考排水分区指标适当降低，保留单元不做海绵城市建设目标要求和校核，具体情况见下表。

表 3.3.3 控规单元控制目标

| 单元类型 | 集中新、改建单元 | 部分新、改建单元 | 保留单元 ^[3] |
|-----------|---------------------|---------------------------------|---------------------|
| 新建、改建地块面积 | $A^{[1]} \geq 80\%$ | $80\% > A \geq 50\%$ | $A < 50\%$ |
| 年径流总量控制率 | 参考排水分区目标 | $60\% \sim 65\%$ ^[2] | 不做单元目标控制与校核 |

注：[1]A 表示新、改建地块面积

[2] 参考分区目标最低值区间。

[3] 保留单元的海绵建设目标不做控制与校核，但单元内新改建项目仍需按照地块指标进行控制。

3.4 建设项目分类控制指标

3.4.1 建设项目分类和用地类型划分

建设项目分类控制指标适用于九类用地：居住用地（0701）、公共管理和公共服务用地（08）、商业服务设施用地（09）、公用设施用地（13）、工业用地（1001）、物流仓储用地（1101）、交通设施用地（12）、绿地（14）、水系（17）。海绵城市建设项目分类和用地类型划分如下表所示：

表 3.4.1 建设项目分级分类指引划分表

| 建设项目类型 | | 用地代码 | 用地类型 |
|--------|------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 建筑与小区 | 居住小区 | 070101、070102 | 一类、二类城镇住宅用地 |
| | 公共建筑 | 0801、0802、0803、0804、0805、0807 | 机关团体用地、科研用地、文化用地、教育用地、体育用地、社会福利用地 |
| | | 0901、0902、0903、0904 | 商业用地、商务金融用地、娱乐康体用地、其他商业服务用地 |
| | 工业仓储 | 100100、100101、100102、110101、110102 | 新型产业用地，一类、二类工业用地，一类、二类物流仓储用地 |
| 道路广场 | 道路 | 1207、1208 | 城镇道路用地、交通站场用地 |
| | 广场 | 1403 | 广场用地 |
| 城市绿地 | | 1401、1402 | 公园绿地、防护绿地 |
| 水务工程 | | 1401、17 | 滨水公园绿地、陆地水域 |

注：用地类型按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南（试行）》进行分类。

3.4.2 建筑小区项目指标

建筑小区项目指标的年径流总量控制率、可渗透面积比例为约束性指标，其余指标为鼓励性指标，一般作为参考要求，可根据具体项目情况在确保达到控制目标的情况下进行合理设置。

表 3.4.2 新建类建筑小区项目的海绵城市建设指标

| 序号 | 指标名称 | 居住小区 | | 公共建筑 | | 商业建筑 | | 工业仓储 | | 指标类型 |
|----|---------------------------------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| | | 一类居住用地 | 二类居住用地 | 教育用地 | 其他公共建筑 | 娱乐康体用地 | 其他商业建筑 | 新型产业用地 | 工业仓储用地 | |
| 1 | 年径流总量控制率 (%) | 75 | 70 | 75 | 65 | 65 | 60 | 65 | 50 | 约束性 |
| 2 | 年径流污染去除率 (%) | 50 | 50 | 45 | 45 | 45 | 40 | 45 | 35 | 鼓励性 |
| 3 | 可渗透地面面积比例 ^[1] (%) | 70 | 60 | 70 | 60 | 55 | 50 | 55 | 20 | 约束性 |
| 4 | 不透水下垫面径流控制比例 ^[2] (%) | 70 | 70 | 70 | 70 | 55 | 55 | 55 | 40 | 鼓励性 |
| 5 | 下沉式绿地率 ^[3] (%) | 60 | 60 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 35 | 鼓励性 |
| 6 | 绿色屋顶率 ^[4] (%) | — | — | 50 | 50 | — | — | — | — | 鼓励性 |
| 7 | 透水铺装率 ^[5] (%) | 80 | 80 | 70 | 70 | 60 | 60 | 60 | 25 | 鼓励性 |

注：[1]可渗透地面面积比例：指扣除建筑基底面积后，具有透水性能的地面面积与地面面积之比；建筑的地下室顶板覆土厚度大于 0.6m 且设置绿化或者透水铺装的，按具有透水性能的地面计算；

[2]不透水下垫面径流控制比例：径流能引入周边海绵设施处理的不透水下垫面的面积与总不透水下垫面面积的比值；

[3]下沉式绿地率：指高程低于周围汇水区域的海绵设施（含下沉式绿地、雨水花园、渗透设施、具有调蓄功能的水体等）的面积占绿地总面积的比例；

[4]绿色屋顶率：绿色屋顶的面积占建筑屋顶总面积的比例；

[5]透水铺装率：人行道、停车场、广场采用透水铺装的面积占其总面积的比例；下同。

表 3.4.3 改建类建筑小区项目的海绵城市建设指标

| 序号 | 指标名称 | 居住小区 | | 公共建筑 | | 商业建筑 | | 工业仓储 | | 指标类型 |
|----|---------------------------------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| | | 一类居住用地 | 二类居住用地 | 教育用地 | 其他公共建筑 | 娱乐康体用地 | 其他商业建筑 | 新型产业用地 | 工业仓储用地 | |
| 1 | 年径流总量控制率 (%) | 70 | 55 | 65 | 55 | 55 | 50 | 55 | 45 | 约束性 |
| 2 | 年径流污染去除率 (%) | 45 | 40 | 40 | 35 | 35 | 30 | 35 | 25 | 鼓励性 |
| 3 | 可渗透地面面积比例 ^[1] (%) | 60 | 50 | 60 | 50 | 45 | 30 | 50 | 15 | 约束性 |
| 4 | 不透水下垫面径流控制比例 ^[2] (%) | 60 | 60 | 55 | 55 | 45 | 45 | 55 | 30 | 鼓励性 |
| 5 | 下沉式绿地率 ^[3] (%) | 40 | 40 | 40 | 40 | 35 | 35 | 40 | 30 | 鼓励性 |
| 6 | 绿色屋顶率 ^[4] (%) | — | — | 30 | 30 | — | — | — | — | 鼓励性 |
| 7 | 透水铺装率 ^[5] (%) | 65 | 65 | 50 | 50 | 45 | 45 | 50 | 25 | 鼓励性 |

3.4.3 绿地广场项目指标

绿地广场项目的年径流总量控制率为约束性指标。公园绿地应尽量控制绿地系统高程低于周边地块及道路，服务接纳周边片区雨水，充分发挥其海绵作用。

表 3.4.3 绿地广场项目的海绵城市建设指标

| 序号 | 指标名称 | 新建 | | 改建 | | 指标类型 |
|----|------------------|------|----|------|----|------|
| | | 公园绿地 | 广场 | 公园绿地 | 广场 | |
| 1 | 年径流总量控制率 (%) | 85 | 70 | 75 | 65 | 约束性 |
| 2 | 年径流污染控制率 (%) | 70 | 50 | 70 | 40 | 鼓励性 |
| 3 | 不透水下垫面径流控制比例 (%) | 100 | 90 | 85 | 75 | 鼓励性 |
| 4 | 下沉式绿地率 (%) | 30 | 90 | 30 | 70 | 鼓励性 |
| 5 | 透水铺装率 (%) | 80 | 90 | 70 | 70 | 鼓励性 |

3.4.4 城市道路控制指标

城市道路项目根据道路等级、绿化带宽度等，分类设置控制指标。

兼顾市政道路功能的公路的控制指标参照市政道路，其他公路、高速公路不做指标要求，有条件的可参考海绵城市的设计方法。

立交桥、隧道等不适宜实施海绵城市的设施或路段，不做海绵城市具体指标要求。

表 3.4.4 城市道路项目的海绵城市建设指标

| 道路等级 | 绿化带宽度 ^[1] | 年径流总量控制率 (%) | 年径流污染控制率 (%) | 下沉式绿地率 (%) | 人行道、非机动车道透水铺装率 (%) |
|------|----------------------|--------------|--------------|------------|--------------------|
| 支路 | <2m | 无硬性要求 | 40 | — | 80 |
| | ≥2m | 50 | 45 | 60 | 80 |
| 次干路 | <2m | 无硬性要求 | 40 | — | 80 |
| | ≥2m | 55 | 50 | 60 | 80 |
| 主干路 | <2m | 无硬性要求 | 45 | — | 80 |
| | ≥2m | 60 | 50 | 60 | 80 |
| 快速路 | — | 无硬性要求 | 50 | — | 80 |
| 指标类型 | | 鼓励性 | 约束性 | 鼓励性 | 鼓励性 |

注：[1]绿化带指除中央分隔带外单条绿化带的平均宽度；

[2]对于绿化带宽度<2m 的道路，人行道及非机动车道应采用透水铺装，年径流总量控制率不作硬性要求；

[3]扩建道路的扩建部分参照执行，改建道路参照执行。

3.4.5 水务工程控制指标

水务工程类项目包括排水管渠、水利工程、雨污分流改造等。

表 3.4.5 水务工程项目建设指标

| 序号 | 指标名称 | 新建 | 改建 | 指标类型 |
|----|----------|---|----|------|
| 1 | 排水体制 | 新建地区必须采用分流制，老城区逐步改造为分流制 | | 约束性 |
| 2 | 雨污分流比例 | 100% | — | 约束性 |
| 3 | 内涝防治标准 | 中心城区、翠亨新区和火炬开发区 30 年一遇； 其他镇街 20 年一遇 | | 约束性 |
| 4 | 城市防洪标准 | 中珠联围中山段、中顺大围、张家边联围和翠亨新区 200 年一遇；民三联围、五乡联围、文明围、大岑围、大南联围、三乡围、横石围、马新围和大雁围等 100 年一遇；其余龙鳞沙围、大芒刀围、竹排围等 50 年一遇 | | 约束性 |
| 5 | 雨水管渠设计标准 | 中心城区新建地区 3 年一遇、旧城区 2 年一遇、重要地区 5 年一遇、地下通道及下沉空间 30 年一遇； 其他镇街 2 年一遇 | | 约束性 |

3.4.6 建设项目豁免清单

实施建设项目海绵城市管控指标豁免清单管理是指对纳入豁免清单的建设项目，在项目设计、报建、图纸审查、验收等环节对其海绵城市建设管控指标不作强制性要求，但应本着应做尽做的原则，由建设单位根据项目特点因地制宜落实海绵城市设施。

表 3.4.6 中山市建设项目海绵城市管控指标豁免清单

| 序号 | 类型 | 豁免项目 |
|----|------------------------|---|
| 1 | 特殊地质区 | 项目经过地质勘查确认位于地质灾害易发区，如易发生滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等不适宜进行海绵城市建设的区域。 |
| 2 | 特殊污染项目 | 可能产生特殊污染的建设项目，如石油化工生产基地、加油站、加气站、加氢站、大量生产或使用重金属企业、垃圾中转站、垃圾分类设施、垃圾处理设施、垃圾填埋场、焚烧厂、综合性医院、传染病医院、危化品仓储区等。 |
| 3 | 特殊用地类型项目 | 公用设施用地、其他建设用地（村庄、区域交通、区域公用设施）、非建设用地（农林用地），个人自建住房及保留的建设用地。 |
| 4 | 非土建类项目或海绵措施影响基本使用功能的项目 | （一）机动车道下市政管线（含综合管廊、电力隧道、供排水设施）新建或改建； （二）修缮改造工程，电梯加装工程； （三）人行天桥工程（包括市政道路单体人行天桥建筑连廊工程），地下连通通道工程； （四）桥梁工程（无桥下绿化），隧道工程； （五）灯光工程，包括功能照明、景观照明等； （六）只涉及机动车道的道路改造工程（道路“白改黑”）。 |
| 5 | 其他 | （一）临时设施修建工程； （二）水利工程（水库大坝、水闸、泵站、堤防、橡胶坝等工程）； （三）公共交通场站、港口码头工程、变电站建设项目、城镇生活污水处理厂，农村生活污水治理工程； （四）应急抢险项目及应急工程； （五）保密项目； （六）军事设施项目； （七）因建设环境、内容、功能等因素制约而不能完全遵循海绵城市建设规范标准的项目，在经专家论证并报主管部门批准后，可适当降低海绵城市建设相关要求。 |

4 相关计算

4.1 基础资料及计算公式

4.1.1 年径流总量控制率与设计降雨关系

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

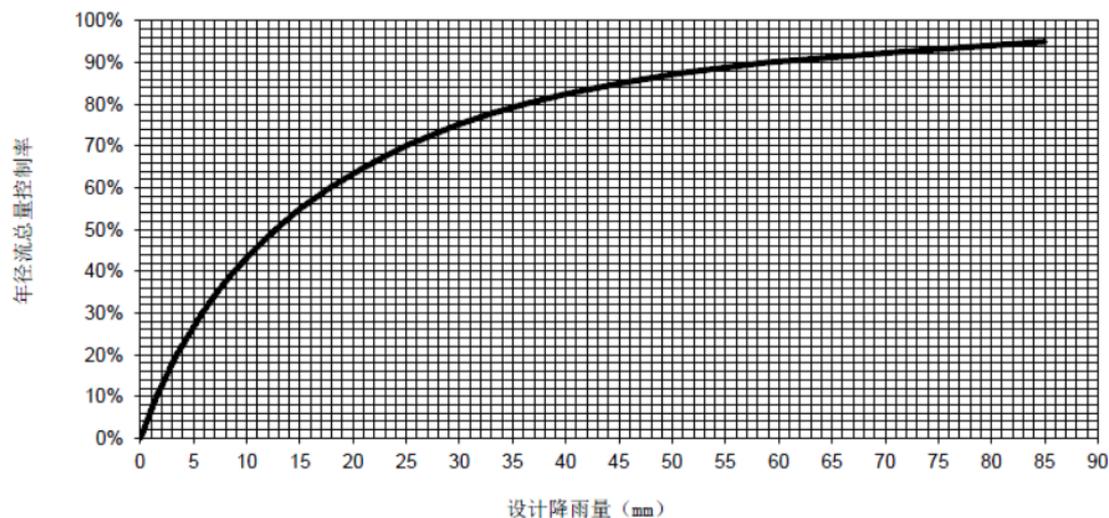


图 4.1.1 中山市“年径流总量控制率-设计降雨量”曲线

表 4.1.1 中山市年径流总量控制率与设计降雨量的关系

| | | | | | | | | | |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 年径流总量控制率 (%) | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 |
| 设计降雨量 (mm) | 12.7 | 15.0 | 17.8 | 21.1 | 24.9 | 29.7 | 36.0 | 45.0 | 58.8 |

4.1.2 暴雨强度公式

根据《中山市暴雨强度公式修编》(2014)，中山市地域跨度较大，以五桂山为分界的两个区域采用不同的暴雨强度公式。

五桂山以北（除南部三乡、坦洲、神湾三个镇区以外的其他镇区）采用中山市暴雨强度公式：

$$q = \frac{1829.552(1+0.444\lg P)}{(t+6.0)^{0.591}} \quad (\text{式 4.1.2-1})$$

南部三个镇区（三乡镇、坦洲镇、神湾镇）参考采用相邻珠海市暴雨强度公式：

$$q = \frac{847.172(1+0.659\lg P)}{(t+5373)^{0.391}} \quad (\text{式 4.1.2-2})$$

式中： q ——设计暴雨强度（L/（s·hm²））

P ——设计暴雨重现期（年）

t ——降雨历时（min）

$$t=t_1+t_2$$

t_1 ——地面集水时间（min），应根据汇水距离、地形坡度和地面种类计算确定，一般采用 5min~15min

t_2 ——管渠内雨水流行时间（min）

4.1.3 雨水流量计算

$$Q = q\Psi F \quad (\text{式 4.1.3})$$

式中： q ——设计暴雨强度（L/（s·hm²））

Ψ ——流量径流系数（可参照《室外排水设计标准》GB50014 取值）

F ——汇水面积（hm²）

Q ——设计雨水流量（L/s）

4.1.4 设计调蓄容积

设计调蓄容积一般采用容积法进行计算，公式如下：

$$V_{\text{调}} = 10H\varphi F \quad (\text{式 4.1.4})$$

式中： $V_{\text{调}}$ ——设计调蓄容积（m³）

H ——设计降雨量（mm），按照表 4.1.1 确定，年径流总量控制率为 70% 对应的设计降雨量为 24.9mm；当年径流总量控制率为中间数值时，设计降雨量可用内插法求得

φ ——综合雨量径流系数

F ——汇水面积（hm²）

4.1.5 年径流总量控制容积

年径流总量控制容积计算公式如下：

$$V_T = 10HF \quad (\text{式 4.1.5-1})$$

$$V_T = V_{\text{调}} + V_{\text{渗}} \quad (\text{式 4.1.5-2})$$

$$V_{\text{渗}} = 10H(1-\varphi)F \quad (\text{式 4.1.5-3})$$

式中： V_T ——年径流总量控制容积（ m^3 ）

H ——设计降雨量（ mm ），按照表 4.1.1 确定，年径流总量控制率为 70% 对应的设计降雨量为 24.9 mm ；当年径流总量控制率为中间数值时，设计降雨量可用内插法求得

F ——汇水面积（ hm^2 ）

$V_{调}$ ——设计调蓄容积（ m^3 ）

$V_{渗}$ ——渗透容积（ m^3 ）

4.2 年径流总量控制率核算

4.2.1 年径流总量控制率的分解校核流程如下：

（1）确定年径流总量控制率

根据《中山市海绵城市建设专项规划（2022-2035）》，中山市年径流总量控制率为 70%，各地块新建、改建、扩建项目的年径流总量控制率根据用地类型按照 3.4 节确定。

规划区域的年径流总量控制率指标需根据《中山市海绵城市建设专项规划（2022-2035）》海绵城市建设功能分区规划的成果进行确定。

（2）计算综合径流系数

根据城市规划的土地利用类型分类，查算出规划范围内各地块的径流系数和面积，并计算规划区域的综合径流系数。

（3）计算规划调蓄容积

计算规划区域内现状及规划的所有海绵设施的调蓄容积 $V_{规划}$ 。

（4）计算需要的调蓄容积

计算规划区域内所需要的调蓄容积 $V_{调}$ ， $V_{调}=10H\phi F$ 。

（5）对比调整规划调蓄容积

对比 $V_{规划}$ 和 $V_{调}$ ，如 $V_{规划} \geq V_{调}$ ，规划区域满足年径流总量控制率的要求；如 $V_{规划} < V_{调}$ ，不满足径流控制要求，需重新调整规划区域的规划海绵设施，增大规划区域现有的调蓄容积、增加海绵设施以减少径流，重复（2）~（4）计算，直至 $V_{规划} \geq V_{调}$ 。

（6）对于径流总量大、红线内绿地及其他调蓄空间不足的用地，需统筹周

边用地内的调蓄空间共同承担其径流总量控制目标时（如城市绿地用于消纳周边道路和地块内径流雨水），可将相关用地作为一个整体，并参照以上方法计算相关用地整体的年径流总量控制率后，参与后续计算。

4.2.2 调蓄设施的蓄水容积计算应满足以下要求：

（1）顶部和结构内部有蓄水空间的渗透设施的渗透量应计入总调蓄容积。

（2）用于接纳初始阶段降雨的雨水罐、雨水池等，可蓄水容积应结合所蓄雨水的利用安排确定，雨前不能及时排空的容积不应计入核算年径流总量控制率的蓄水容积。

（3）每项设施计入总调蓄容积不应大于设计降雨量下其汇水面内的实际降雨径流量。

（4）以下设施的蓄水容积不计入总蓄水容积：

1) 对径流总量削减没有贡献或贡献很小的设施，如转输型植草沟、初期雨水弃流、植被缓冲带、人工土壤渗滤设施等。

2) 在径流系数内已综合考虑其空隙的设施，如透水铺装、绿色屋顶结构内的空隙。

4.3 年径流污染控制率计算

4.3.1 根据《中山市海绵城市建设专项规划（2022-2035）》中山市年径流污染控制率（以SS计）要求达到50%以上。各分区制定的SS削减指标应满足年径流污染控制目标。

4.3.2 不同的降雨阶段对应不同的污染物负荷比例，需要根据对象进行专门研究后提出。

4.3.3 年径流污染控制率以悬浮物（SS）的控制率计，各类海绵设施对于径流污染物的控制率应以实测数据为准，缺乏资料时，可按表4.3.3取值。

表 4.3.3 海绵设施径流污染控制率

| 序号 | 单项设施 | 径流污染控制率（以SS计，%） |
|----|---------|-----------------|
| 1 | 透水砖铺装 | 80-90 |
| 2 | 透水水泥混凝土 | 80-90 |
| 3 | 透水沥青混凝土 | 80-90 |
| 4 | 绿色屋顶 | 70-80 |

| 序号 | 单项设施 | 径流污染控制率（以 SS 计，%） |
|----|-----------|-------------------|
| 5 | 复杂型生物滞留设施 | 70-95 |
| 6 | 渗透塘 | 70-80 |
| 7 | 湿塘 | 50-80 |
| 8 | 雨水湿地 | 50-80 |
| 9 | 蓄水池 | 80-90 |
| 10 | 雨水罐 | 80-90 |
| 11 | 转输型植草沟 | 35-90（与水力停留时间有关） |
| 12 | 植被缓冲带 | 50-75 |
| 13 | 人工土壤渗滤 | 75-95 |

注：转输型植草沟的污染物去除率与水力停留时间关系密切，相关研究结果显示，水力停留时间分别为 5.5、7、10 和 18min 时，污染物的去除率分别为 48%、70%、77%和 86%，建议结合植草沟的水力停留时间进行取值。

4.3.4 雨水径流污染控制容积 V_w 按下式计算：

$$V_w = V_T \quad (\text{式 4.3.4})$$

式中： V_w ——雨水径流污染控制容积（ m^3 ），进行雨水径流污染控制所需的容积。

V_T ——一年径流总量控制容积（ m^3 ）

生物滞留设施、雨水湿地、下沉式绿地、雨水塘等海绵设施的雨水储存容积（不含调节容积）可计入雨水径流污染控制容积；透水铺装、绿色屋顶、转输型植草沟等在雨水径流系数中已予以考虑，其容积不再计入。

4.3.5 用截留处理初期雨水来实现雨水径流污染控制的区域，雨水径流污染控制容积 V_w 按下式计算：

$$V_w = 10H_w\varphi F \quad (\text{式 4.3.5})$$

式中： V_w ——初期雨水控制厚度（mm），结合计算区域的水环境治理要求选取，当无资料时，屋面弃流可采用 2mm~3mm 径流厚度，地面弃流可采用 3mm~5mm 径流厚度

F ——汇水区域面积（ hm^2 ）

φ ——雨量径流系数

4.3.6 汇水区域年径流污染削减率 P 按下式计算：

$$P = P_w P_T \quad (\text{式 4.3.6})$$

式中： P_w ——汇水区域海绵城市设施污染物削减率（以 SS 计），根据表 4.3.3 和地块面积加权平均计算

P_T ——汇水区域年径流总量控制率

4.4 设施规模计算

4.4.1 渗透、渗滤及滞蓄设施

对于生物滞留设施、渗透塘等顶部或结构内部有蓄水空间的渗透设施，设施规模应按照式 4.4.1 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。

$$V_s = H_d A + 0.7 H_j A P \quad (\text{式 4.4.1})$$

式中： V_s ——有效滞蓄容积（ m^3 ）

H_d ——设施顶部有效蓄水深度（ m ），为设施底部到溢流口的高度

H_j ——设施结构层厚度（ m ）

A ——有效渗透面积（ m^2 ），应按下列要求确定：水平渗透面按投影面积计算，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；竖直渗透面按有效水位高度的 1/2 计算；地下渗透设施的顶面积不计

P ——设施结构层空隙率

4.4.2 延时调节设施

延时调节设施的径流体积控制规模按以下公式计算：

$$V_{ed} = V_s + W_{ed} \quad (\text{式 4.4.2-1})$$

$$W_{ed} = \left(\frac{V_s}{T_d} \right) t_p \quad (\text{式 4.4.2-2})$$

式中： V_{ed} ——延时调节设施的径流体积控制规模（ m^3 ）

V_s ——有效滞蓄容积（ m^3 ）

W_{ed} ——延时调节设施降雨过程中的排放量（ m^3 ）

T_d ——设计排空时间 (h), 根据保证 SS 去除率所需停留时间确定

t_p ——降雨过程中的排放历时 (h), 为当地多年平均场降雨历时, 资料缺乏时, 可根据平均场降雨历时特点取 2h~12h。

4.4.3 转输设施

植草沟等转输设施的过水断面面积计算方法如下:

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{Qn}{R^{\frac{2}{3}}i^{\frac{1}{2}}} \quad (\text{式 4.4.3-1})$$

$$R = \frac{A}{\chi} \quad (\text{式 4.4.3-2})$$

式中: A ——植草沟过水断面面积 (m^2)

Q ——雨水设计流量 (m^3/s)

v ——雨水在植草沟内的平均流速 (m/s), 一般小于 0.8m/s

R ——水力半径 (m)

i ——坡度

n ——糙率, 宜为 0.2~0.3

χ ——湿周 (m)

4.4.4 排空时间

(1) 下沉式绿地、蓄渗洼地、渗透塘、渗井、生物滞留设施等调蓄设施所储存雨水的主要消纳途径是下渗, 下沉式绿地、生物滞留设施等的排空时间应保证淹没时间对植物不造成影响。其有效调蓄容积的渗透排空时间应按下式计算。

$$t_s = \frac{V_{sj}}{3600\alpha K J A_s} \quad (\text{式 4.4.4-1})$$

式中: t_s ——渗透排空时间 (h)

V_{sj} ——有效调蓄容积 (m^3)

α ——综合安全系数, 一般取 0.5~0.8

K ——土壤渗透系数 (m/s)

J ——水力坡降, 一般可取 $J=1$

A_s ——有效渗透面积 (m^2)

(2) 调节塘、调节池、湿塘等调节设施，其有效调节容积的排空时间应按下式计算。

$$t_0 = \frac{V}{3600Q_t\eta} \quad (\text{式 4.4.4-2})$$

式中： t_0 ——排空时间 (h)

V ——有效调节容积 (m^3)

Q_t ——下游排水管道或设施的受纳能力 (m^3/s)

η ——排放效率，一般可取 0.3~0.9

5 规划

5.1 一般规定

5.1.1 海绵城市规划应包含规划编制和规划实施两个部分。规划编制方面，海绵城市相关规划应与城市既有的规划编制体系相衔接；规划实施方面，应通过相关管控手段有效推进海绵城市建设。

5.1.2 海绵城市建设的理念、规划要求和相关措施应贯穿于国土空间总体规划、专项规划、控制性详细规划和项目方案设计的全过程。

5.1.3 在编制国土空间总体规划、控制性详细规划和专项规划等各类城市规划时，应开展海绵城市建设相关专题研究，并应在控制性详细规划和项目方案设计中，落实海绵城市控制指标。

5.1.4 规划主管部门应将海绵城市控制指标纳入规划设计条件，作为颁发《建设项目用地预审与选址意见书》《建设用地规划许可证》《建设工程规划许可证》的依据之一。

5.2 国土空间总体规划

5.2.1 国土空间总体规划应确定城市建设总体战略性目标和核心建设指标，引导下层次规划的编制与实施。

5.2.2 在文本、说明书及图纸中，应在原总体规划法定内容的基础上，增加海绵城市的相关内容和要求。

5.3 海绵城市建设专项规划

5.3.1 海绵城市建设专项规划应统筹确定海绵城市建设各项目标和指标，并将目标和指标纳入控制性详细规划实现法定化。

5.3.2 海绵城市建设专项规划的主要内容包括：现状分析与问题识别、总体思路、规划目标与指标体系、海绵城市空间格局分区与建设分区、建设分区海绵城市建设策略与指标分解、提出规划措施和相关专项规划衔接的建议、划定重点建设区、提出海绵建设计划并明确近期方案、规划实施保障措施。

5.3.3 进行现状分析与问题识别时，应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) 识别城市山、水、林、田、湖等生态本底条件。

(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、地下水位下降、降雨分区等。

(4) 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。

(5) 海绵城市建设的现状情况，包括城市的海绵型建筑与小区、海绵型道路、海绵型绿地与广场等等现有项目和用地的空间分布情况。

(6) 城市雨水管渠系统、合流制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，合流制管线范围、主要溢流口位置以及相应的设施布局等。

(7) 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。

(8) 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。

5.3.4 确立生态为本、规划引领、系统实施、协同推进、因地制宜、强化管控的海绵城市建设总体思路。

5.3.5 明确修复水生态、改善水环境、提高水安全、涵养水资源的综合目标，提出规划范围内海绵城市建设指标体系，细化各目标的控制指标。

(1) 水安全方面主要结合城市竖向、内涝灾害易发点、主要的排水防涝和防洪设施分布等情况，达到控制城市内涝灾害的水安全规划目标。

(2) 水生态方面主要结合降雨量和类型、土壤类型、地下水位情况等综合确定水生态控制目标。

(3) 水环境方面主要结合城市水环境质量要求、径流污染特征、合流制溢流污染特征等，确定径流污染控制、合流制溢流污染控制目标等。

(4) 水资源方面主要结合地下水位稳定程度、雨水收集、雨污水再利用、再生水处理等，确定雨水资源利用目标，以达到缓解水资源短缺问题的目的。

5.3.6 通过开展系统科学的海绵城市建设本底研究，构建海绵城市的自然生态空间格局，提出保护与修复要求；合理划定海绵城市功能分区及建设分区，分区分类确定海绵城市建设策略并进行指标分解；评估海绵城市建设技术的用地适宜性，提出适用于当地的海绵措施。

5.3.7 以流域、排水分区、控规管理单元为要素综合考虑，从便于管理、考核、指导下位规划编制出发，划分管控分区；按问题导向和目标导向相结合的思路，针对内涝积水、水体黑臭、水资源利用不充分、城市水系生态功能受损等问题，拟定各管控分区的海绵城市建设策略及管控指引；明确建筑与小区、绿地与广场、市政道路及城市水系等不同类型建设项目的海绵建设要求和主要措施。

5.3.8 根据实际需要，可以流域、排水分区、行政分区、重点片区等单位，深化编制海绵建设工程系统化实施方案；落实公共海绵设施规模及用地；将管控指标分解至地块并作为地块出让的规划设计条件；如地块经评估后无法达标，提出统筹达标的具体落实措施。

5.3.9 根据国土空间总体规划确定的用地布局及相关要求，结合各类区域的建设现状以及城市经济条件，划定海绵城市近期重点建设范围。根据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，因地制宜确定近期重点建设区海绵城市近期建设目标和相对应的指标。梳理在建和拟建项目，建立海绵城市项目储备库，综合考虑财政承受能力、项目融资能力，分类别、分批次推进，并应符合城市规划要求。

5.3.10 加强海绵城市建设的规划管控，保障海绵城市建设专项规划的实施。编制控制性详细规划以及道路、绿地、水务等相关专项规划时，应依据海绵城市建设专项规划确定的目标和指标，落实海绵城市建设理念和要求，充分考虑自然生态空间格局，确保落实年径流总量控制率等约束性指标。在建设项目选址、规划许可环节，明确将海绵城市建设要求纳入相关许可证的发放中，并作为项目建设的前置条件。修订完善与海绵城市建设相关的标准规程，突出海绵城市建设的关键性内容和技术性要求。

5.3.11 海绵城市建设专项规划的成果一般包括规划说明书、图纸。说明书中，应综合评价海绵城市建设条件，包括城市概况、水环境、水资源、水安全、水生态、水文化等相关的历史与现状、需求分析等；明确海绵城市建设的目标和具体指标；提出海绵城市建设总体思路；提出海绵城市建设分区指引，落实海绵城市建设管控要求；提出规划措施和相关专项规划衔接的建议；明确近期建设重点及近期海绵城市建设重点区域，提出分期建设要求；提出规划保障措施和实施建议等。

图纸中，应有体现城市区位、高程、坡度、下垫面、地质、土壤、地下水、绿地、水系、雨水设施、易涝点等的现状图，用地规划、排水分区、生态格局、海绵城市建设分区、建设目标、重点区域、近期建设等规划布局图，以及雨水设施、行泄通道、调蓄及内河治理、合流制污水溢流污染控制等细化的规划图。

5.4 海绵城市近期建设规划

5.4.1 当集中推进某一片区的海绵城市建设时，宜编制该片区的海绵城市近期建设规划，规划期限一般为3~5年。

5.4.2 海绵城市近期建设规划应包括源头减排、内涝防治、水生态环境保护、非常规水资源保护利用建设规划，并在片区规划方案的基础上，统筹措施之间的关系，协调海绵城市近期和远期建设要求，注重多方案比选和综合效果评估，明确分区近期建设范围和指标要求，提出各专业实施内容、近期建设工程设施规模和布局。

5.4.3 海绵城市近期建设规划的编制，应符合下列规定：

(1) 应充分结合水环境治理、城市更新、老旧小区改造、易涝点整治、雨污混接和分流改造、停车场改造、绿地建设等内容，协调相关专项规划的近期实施内容，识别重点区域和重点问题，明确近期建设项目及其具体要求。

(2) 应根据片区规划方案，分析近期实施项目的可行性、效果、投资等，确定经济合理的海绵城市建设分期实施计划；当无法达到近期建设目标和指标时，应优化目标和方案。

(3) 应明确平面与竖向控制要求。统筹片区所涉及到的排水分区平面与竖向关系，协调地块与道路竖向，满足城市防洪排涝与排水要求，保障城市安全；

协调蓝绿空间竖向衔接，并应满足调蓄、渗透、排放等要求。提出近期实施的海绵城市建设设施之间平面和竖向布局要求。

(4) 应明确片区内近期建设规划所涉及到的排水分区空间管控要求，提出需要保护的河湖水体、园林绿地、低洼地和蓝线绿线等。

(5) 应对接控制性详细规划，落实海绵城市建设设施的空间布局、设计规模和控制指标，将建筑与小区海绵指标纳入控制性详细规划用地指标中，并优化调整不合理的用地布局和管控指标，系统性地统筹片区内地块的海绵城市建设。

(6) 应指导工程建设，明确设计边界和参数要求，红线内应落实年径流总量控制率的要求；红线外应落实与海绵城市建设相关的市政排水设施建设项目。

(7) 建设项目时序安排、实施主体、投融资等应与国民经济和社会发展五年规划衔接；应建立动态更新机制，长期跟踪、定期评价海绵城市建设项目实施情况，对片区建设方案进行动态调整与更新。

5.4.4 海绵城市近期建设规划应能够指导工程落地，并系统评估各类项目实施后片区建设目标可达性。

5.4.5 海绵城市近期建设规划的成果一般包括规划说明书、图纸。说明书中，应综合评价规划区域海绵城市建设条件；明确海绵城市建设的目标和具体指标；提出海绵城市建设总体思路和实施路径；划定管控单元分解指标到地块；统筹规划海绵设施系统布局；提出相关规划衔接的建议；建立项目库，明确建设时序；提出规划保障措施和实施建议等。

图纸中，应有包括高程、坡度、下垫面、地质、土壤、地下水、绿地、水系、排水设施、易涝点等的现状图，用地规划、排水分区、生态格局、海绵城市建设分区、海绵城市建设管控、区域地表径流路径、涉水基础设施、建设时序等规划布局图。

5.5 控制性详细规划

5.5.1 在编制控制性详细规划时，应落实海绵城市专项规划中提出的海绵城市建设目标和要求，并以相关海绵建设规划或专题研究报告为依据，增加海绵城市专章内容，明确海绵城市建设目标、指标及措施要求，并在成果中明确约束性

内容。

5.5.2 海绵城市专章主要包括下列内容：

(1) 进行海绵城市建设影响因素分析，包括区域水文地质、竖向体系、功能区划、下垫面变化、开发建设强度、绿地率、海绵设施状况、防洪排涝系统、雨污水系统等。

(2) 落实城市空间总体规划提出的海绵城市建设目标与要求，并依据海绵城市专项规划或专题研究报告，将适用于控规范围的相关指标或目标分解到各个管控单元。

(3) 明确各类规划用地中的海绵城市建设要求和主要措施，合理布局并落实控规范范围内的区域性海绵设施。

(4) 将各地块的海绵城市建设目标或指标、管控要求等纳入控规图则，海绵设施建设要求纳入地块指标表。

(5) 海绵城市建设专章应提出的指标包括约束性指标和鼓励性指标。

(6) 复核海绵城市建设目标的可达性。

5.5.3 主要成果表达如下：

(1) 在文本、说明书中，市政工程部分新增海绵城市建设章节，包含海绵城市总体建设目标和策略、海绵城市分区分类、地块控制指标分解、海绵设施建设等文字内容。

(2) 地块指标控制表中，落实年径流总量控制率等管控目标，明确海绵设施建设类型和规模，并按地块海绵城市控制指标分解的要求，因地制宜增加海绵城市鼓励性指标。

(3) 图纸中，增加海绵设施布局图、海绵汇水分区图、地块海绵城市控制指标分布图、地表径流路径图、道路雨水设施布局图等图纸。

5.6 方案设计

5.6.1 编制项目方案设计时，应以控制性详细规划为依据，增加海绵城市专章内容，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，落实具体的海绵设施及相关技术要求，将海绵城市的建设技术和措施吸纳到场地设计、工程设计、经济技术论证等方面，指导地块开发建设。

5.6.2 海绵城市专章主要包括下列内容：

（1）现状分析

对项目所在地区的自然气候、水文地质、下垫面条件等进行调研分析，了解上位规划情况及其要求，包括城市海绵分区和指标要求、城市排水分区情况、现有市政管网布局等。

（2）竖向设计

- 1) 场地竖向尊重原有的地形地貌地质，不宜改变原有的排水方向；
- 2) 统筹考虑自身产流以及客水对建设场地的影响，综合设计雨水系统方案；
- 3) 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向；
- 4) 对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

1) 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、年径流污染控制率、可渗透面积比例、不透水下垫面径流控制比例、下沉式绿地率、绿色屋顶率、透水铺装率等控制指标；

2) 在平面布置绿色雨水基础设施及常规雨水管渠系统时，应通过模拟分析校核上位规划提出的年径流总量控制率目标；

3) 明确工程型雨水设施的位置、占地和规模等内容；

4) 居住区、商业区、工业区等非单一地块的方案设计，应整体统一考虑平面布局，海绵城市控制目标指标可在多个地块之间统筹平衡与落实。

（4）主要控制指标复核

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的具体数值。

（5）给排水系统

1) 贯彻源头控制的理念，将绿色屋顶、绿地、植草沟与雨水花园等源头径流控制设施与地下的雨水管网统一布置，有机衔接为一个整体；

2) 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；

3) 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;

4) 充分利用雨水、再生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, 落实雨水资源回用所需的雨水桶, 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。

(6) 绿地系统

1) 绿色景观设计时融入海绵城市理念, 兼顾景观效果的同时合理布置雨水花园、植草沟、雨水塘等雨水设施;

2) 依据不同的绿地类型、规模, 采用不同的布置方式消纳周边不透水场地的雨水径流、调高渗透能力、形成场地的调蓄空间;

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。

(7) 道路系统

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, 适当设置雨水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、人行道可采用透水沥青路面或透水水泥混凝土路面, 地面停车场宜采用透水铺装; 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;

3) 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。

5.6.3 主要成果表达如下:

(1) 在说明书中, 应增加海绵城市建设专章, 详细说明径流控制目标, 实现径流控制目标的雨水设施的类型、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, 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分区图、海绵设施图等图纸。

5.7 规划衔接

5.7.1 海绵城市建设专项规划应当与城市水系、绿地、道路、排水防涝等相关专项规划相衔接。

5.7.2 与城市水系规划的衔接，应注重自然水系的保护和受破坏水系的修复。水系规划应纳入海绵城市建设专项规划明确的生态岸线修复目标，并慎重对待江湖连通、水系间连通的方案；海绵城市建设针对水体水系提出的雨水蓄存及超标径流排放需求，水系规划应通过优化水系内部或水系间的调度方案、强化水体水位控制予以保障。

5.7.3 与城市绿地系统规划的衔接，应注重城市绿地对海绵城市建设方面的特殊贡献。整体要求方面，绿地系统规划应在确保绿地系统生态性、景观性、可游憩性等主体功能的基础上，强化绿地系统对雨水径流的可渗透性、可调蓄性，提出适宜的植物选择和相关技术要求，满足海绵功能和景观需求。海绵城市建设专项规划应基于城市绿地系统规划的整体建设格局与控制要求，发挥绿地的渗透、调蓄和净化能力；提出公园绿地、附属绿地、生产绿地、防护绿地等各类源头减排绿色海绵设施系统规划建设目标，下沉式绿地率及其下沉深度等控制指标要求；提出适用于不同类型绿地的海绵设施类型及设施布局原则；结合周边区域径流控制（渗透、调蓄、净化）及排涝除险消纳需要，明确与绿地相关的控制设施和消纳设施的规模及布局原则。

5.7.4 与排水防涝规划的衔接，应注重源头减排绿色海绵设施的雨水系统与排水管网系统、排涝除险系统的协同。协调城市内涝风险区段和治理要求；协调径流污染控制目标、防治方式与排水系统调度运行的关系；协调雨水资源化利用目标及利用方式；协调源头减排绿色海绵设施的竖向、平面布局与城市排水管网的关系。

5.7.5 与城市道路交通系统规划的衔接，应注重城市道路的交通需求特点。道路交通规划应通过区域统筹，优化道路系统的平面布局和竖向设置要求，构建区域排涝除险的径流行泄通道。

6 设计

6.1 一般规定

6.1.1 海绵城市的设计目标应满足控制性详细规划及本导则提出的控制目标与指标要求。

6.1.2 建设项目的的设计应贯彻海绵城市理念，从系统研究出发，统筹考虑城市建设与城市水安全、水生态、水环境、水资源的关系进行总体设计，科学指导建筑与小区、道路与广场、城市绿地及城市水系的设计。

6.1.3 在进行海绵城市建设设计时，应充分调研当地的气候、水文地质、土壤特性等情况，需重点考虑下垫面情况、地面径流特征、径流污染情况、降雨强度、地下水位、土壤渗透能力、土壤盐碱度等因素。

6.1.4 海绵城市建设设计应合理利用场地内原有的绿地、湿地、坑塘、沟渠和渗透性铺装等；应将来自不透水下垫面区域的径流引入自然或人工源头减排系统，以达到模拟天然水文过程，建立良性水文循环和改善生态环境的目的。

6.1.5 场地竖向设计应引导雨水按规划高程及汇流路径优先进入海绵设施内，并在海绵设施内设置溢流排入管网的设施。

6.1.6 海绵设施组合形式和设施规模，应根据控制性指标要求，结合地块面积、降雨量、汇流面积、环境状况等因素综合确定。源头减排系统建设不应降低城市雨水排放系统设计降雨重现期标准。

6.1.7 同一排水分区服务范围内的源头减排系统、排水管渠系统和排涝除险系统之间应相互衔接。

6.1.8 排水管渠系统规划和设计应符合现行《室外排水设计标准》（GB 50014）的规定。

6.1.9 污染程度较高或携带有毒物质的雨水径流不应直接进入源头减排设施或水体，须采用灰色工程性设施收集并处理；其他雨水径流宜由源头减排设施收集净化后回用、入渗或再通过排水管渠排入水体。

6.1.10 应在保证实现设计的雨水控制利用的目标的同时，充分发挥设施与周围景观相结合，形成整体一致的景观效果。

6.1.11 海绵城市建设项目应获得详细的初始勘察资料，包括土壤组成、土地利

用情况、汇水区域等高线、土壤水平及垂直渗透系数、地下水位及岩石条件、场地现有排水出口特征、历史洪涝灾害记录等。

6.1.12 海绵城市建设项目的的设计应与相关的园林、景观、建筑、给排水、道路和经济等多专业相互协调，采取最佳的雨水源头控制方案。

6.2 建筑与小区

6.2.1 建筑与小区海绵城市建设应以源头减排、径流控制、面源污染控制为主，有需求和条件的小区可兼顾雨水收集利用。

6.2.2 建筑与小区的场地设计、建筑设计、道路设计、绿地设计和排水系统设计等，应落实海绵城市相关内容。

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

(1) 地下水位高、土壤渗透系数小的区域，主要利用海绵设施的滞、蓄、净功能，透水铺装、下沉式绿地（植草沟）、生态滞留设施应设置排水层，排水层宜设置盲管与雨水排水管渠系统衔接。

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

6.2.4 广场、停车场、人行道及自行车道宜采用透水铺装。

6.2.5 场地内道路、广场及建筑物周边绿地宜采用下沉式做法，引导周边雨水汇入绿地。

6.2.6 屋顶坡度小于 15° 的建筑宜采用绿色屋顶，无条件设置绿色屋顶的建筑宜采取其他源头减排设施收集消纳屋面雨水。

6.2.7 宜采取建筑雨落管断接等方式将屋面雨水优先引入地表源头减排设施内进行消纳，雨落管断接应设置消能设施。

6.2.8 雨水断接应满足以下要求：雨水断接宜优先采用“雨水收集—雨水断接—消能设施—植被区”的模式，雨水断接应保证建、构筑物 and 周边场地的安全；污染严重的工业、垃圾收集点等汇水区域，不应采用雨水断接。

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

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

6.2.11 在建筑周边建设的具有渗透功能的海绵设施，设施距离建筑物基础不应小于 3m，设施底部渗透地面距离季节性最高地下水位或岩石层不应小于 1m；当不能满足上述要求时，应采取措施防止次生灾害的发生。

6.2.12 地下建筑物顶板上的绿地内设置源头减排设施时应采取防渗措施。

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

6.2.14 建筑与小区海绵城市系统构建流程如图 6.2.14 所示：

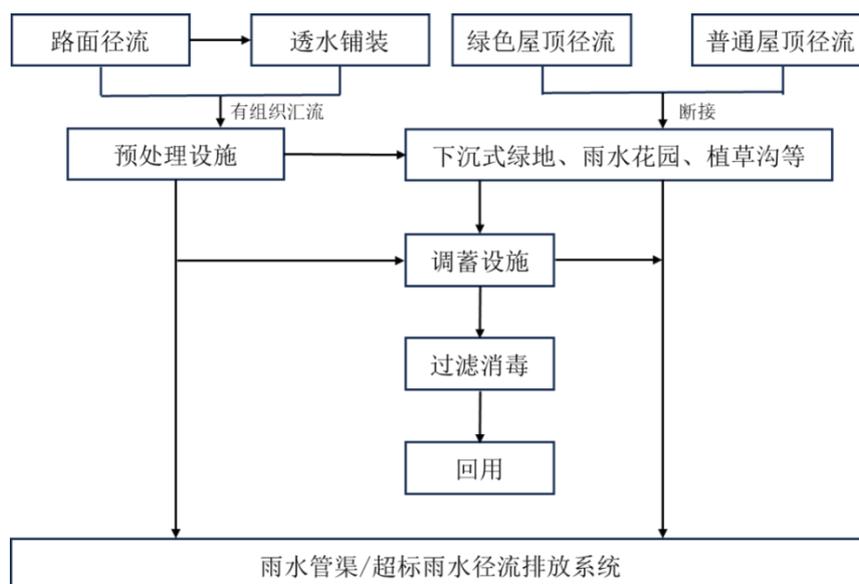


图 6.2.14 建筑与小区海绵城市系统构建流程示意图

6.3 绿地与广场

6.3.1 绿地与广场海绵城市建设应以消纳客水、面源污染控制、收集利用为主，并应尽可能收集处理周边硬化表面的径流。

6.3.2 公园绿地、街道绿地设计应首先满足自身的生态功能、景观功能和游憩功能，公园绿地海绵城市建设雨水系统设计应符合《公园设计规范》（GB 51192）的相关规定，并应达到年径流总量控制率、年径流污染控制率等海绵城市建设

指标的要求。

6.3.3 公园绿地应利用地形建设低于公园周边不透水下垫面的源头减排设施，尽可能收集公园内部及周边不透水区域的雨水径流，且其总体布局、规模、竖向设计应与海绵城市建设及排水防涝系统合理衔接。

6.3.4 公园绿地宜采用透水型人行道、生物滞留设施、植草沟等小型、分散式源头减排设施消纳自身不透水场地产生的径流雨水；宜采用干或湿式生物滞留塘、渗透塘、人工湿地等相对集中的海绵设施消纳公园内外周边区域径流雨水。

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

（1）绿地的地形设计应保证硬化铺装的汇水区标高高于下沉式绿地，雨水径流通过地表坡度汇集到过滤设施或转输设施中，然后进入下沉式绿地。绿地中可建植草沟转输和净化雨水，以及雨水滞留和渗透设施。

（2）绿地高程应尽量低于周围硬化地面，设置导流设施，以确保径流雨水流入绿地。

1) 若绿地道路的边缘与绿地平齐，且雨水污染物含量较低，雨水径流可以分散式进入下沉式绿地；

2) 若道路比周围绿地高，则可在汇水区周围的道路侧石上设置宽度为20cm~30cm的排水口，地表径流可通过排水口汇入过滤设施或转输设施中，再进入下沉式绿地。

（3）雨水溢流口可设置在下沉式绿地中，也可设置在下沉式绿地与硬化铺装的交界处。雨水溢流口的设计高程应高于下沉式绿地的设计高程且低于地表的高程，保证超过下沉式绿地设计蓄水上限的雨水及时通过溢流口排入雨水管渠系统。蓄排水设施底部与当地的地下水季节性高水位的距离应大于1m，以保证雨水正常入渗。

6.3.6 绿地内的透水铺装宜采用具有蓄水功能的构造透水铺装，其中生态停车场可采用植草砖式构造透水铺装。

6.3.7 储存设施可结合雨水回用设施进行设计。

6.3.8 景观水体设计除满足景观需求外，宜考虑雨水调蓄功能及生态净化功能。

6.3.9 绿地中适宜的位置可建雨水收集回用设施，可建于地下保证安全和节约用地，雨水经过适当处理后可用于浇洒和灌溉。雨水利用应以入渗和景观水体补水与净化回用为主，避免建设维护费用高的净化设施。

6.3.10 城市绿地中雨水湿塘、雨水湿地等大型海绵设施应在进水口设置有效的防冲刷、预处理设施。并应建设警示标识和预警系统，保证暴雨期间人员的安全撤离，避免事故的发生。

6.3.11 城市道路红线外公共绿地的设计，应符合下列规定：

(1) 当公共绿地设计标高低于人行道时，应根据道路坡向使红线内人行道、红线外径流汇入绿地中进行滞留与净化，宜结合周边地块条件设置前置塘、雨水湿地等设施，控制径流污染。

(2) 当公共绿地设计标高高于人行道时，宜在绿地下设置蓄渗模块，收集调蓄人行道和绿地径流。

6.3.12 周边地区径流雨水进入绿地与广场内的海绵设施前，应采取预处理措施，防止固体垃圾和大颗粒污染物对源头减排设施的长期运行造成不利影响。

6.3.13 广场的海绵设计应合理控制场地内不透水下垫面比例，优化硬化下垫面与绿地空间布局。

6.3.14 广场总体布局应根据场地排水进行地表竖向设计，使硬质铺装雨水汇入绿地内渗透、净化、储存和收集回用。

6.3.15 绿地与广场的海绵设施应建设有效的溢流排放设施并与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统有效衔接。

6.3.16 海绵设施植物应根据设施水分条件、径流雨水水质进行选择，并应考虑不同种类的植物搭配，以增强雨水缓释、渗透和净化功能及美观，宜选用耐涝、耐污染能力强的本土植物。

6.3.17 绿地与广场海绵城市系统构建流程如图 6.3.17 所示：

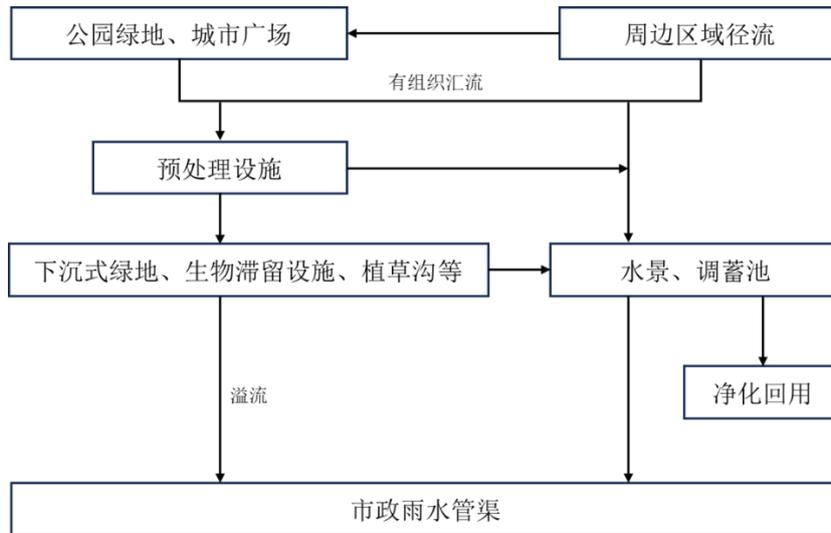


图 6.3.17 绿地与广场海绵城市系统构建流程示意图

6.4 城市道路

6.4.1 道路海绵城市建设应以内涝防治、面源污染控制为主，雨水调节和收集利用为辅。

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

6.4.3 快速路及主干路机动车道不宜采用透水路面，次干路、支路机动车道可采用透水路面，非机动车道、人行道宜采用透水路面。

6.4.4 路面无绿化的高架桥式市政道路，如桥下有一定规模的绿化设施，可考虑在该区域中设置海绵设施，通过雨落管断接的方式将桥面的雨水收集至源头减排设施中进行消纳。

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

6.4.6 道路绿化带、分隔带宜下沉并设置为生物滞留带，其宽度宜大于 2m。

6.4.7 道路海绵设施应采取相应的防渗措施，防止径流雨水下渗对车行道路面和路基的强度和稳定性造成损坏。

6.4.8 纵坡大于 1% 的路段宜在海绵设施内设置挡水堰/台坎等措施，挡水堰高度及间距应根据道路纵坡及蓄存水量要求计算确定。

6.4.9 路缘石采用豁口式、格栅式或其他形式确保径流雨水顺畅排入绿化带，其开口尺寸应保证路沿石结构的稳定性和安全性。开口路缘石与绿化带之间宜设置预处理设施。

6.4.10 行道树种植可选择穴状或带状种植，应采用透水基质材料。有条件的项目，行道树种植可与植草沟相结合。

6.4.11 道路径流雨水进入海绵设施前应采取预处理措施，防止径流雨水对绿化造成破坏。

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

6.4.13 道路沿线可因地制宜建设雨水调蓄设施、雨水湿塘或人工湿地，天然河道、坑塘等自然地形或水体应为首选，可将道路径流雨水引入其中净化、调蓄、储存。

6.4.14 城市道路濒临河道时，路面径流宜通过地表漫流或暗渠等形式排入河道。为防止水体污染和河道冲蚀，宜在道路与河道之间设置植被缓冲带、雨水湿塘等措施，控制径流总量、峰值流量和径流污染。

6.4.15 已建道路海绵城市改造应充分结合现状，因地制宜地设置海绵设施，通过源头、过程、末端相结合的系统方案实现海绵城市建设目标。

6.4.16 城市道路海绵城市系统构建流程如图 6.4.16 所示：

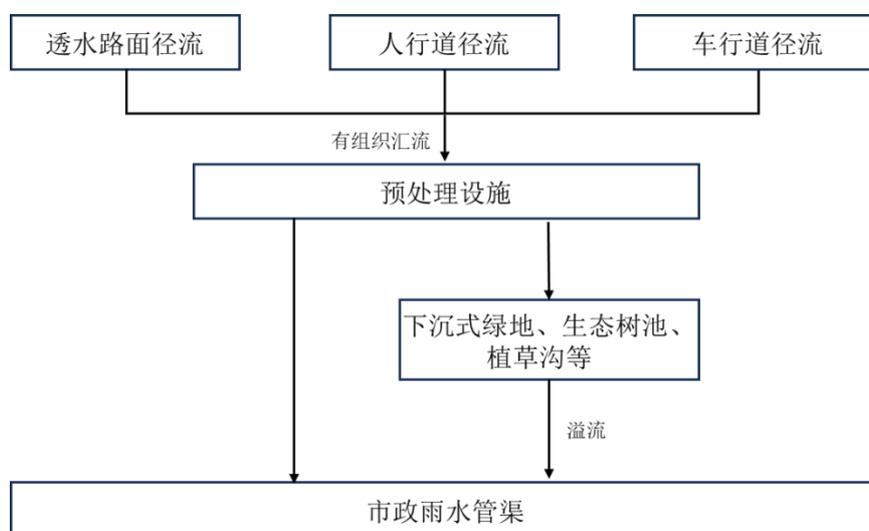


图 6.4.16 城市道路海绵城市系统构建流程示意图

6.5 城市水系

6.5.1 城市水系海绵城市建设应以防洪治涝、雨水调节、污染治理为主，并应尽可能收集处理城市建筑与小区、绿地与广场、城市道路与山体的径流。

6.5.2 应充分利用城市水系对排涝除险的通道与调蓄作用，其设计应满足区域防洪与内涝防治标准。

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

6.5.4 对于现状不能满足城镇内涝防治设计标准的内河道，应对河道的过流能力进行校核，并提出河道整治、清淤疏浚等工程措施，提高其过水能力与调蓄容量。

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

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

6.5.7 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。

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

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

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

6.5.11 河湖水体的平面布置，应符合下列规定：

(1) 应针对建设目标，明确需要治理对象的规模和分布，选择适宜的治理技术，确定治理设施的型式和规模，结合场地现状，因地制宜进行布置。

(2) 在陆域缓冲带布置海绵设施时，必须考虑防汛通道、慢行道、游步道、休憩广场、亲水平台等功能设施的布置要求，使水流在场地内流动顺畅。调蓄和净化等海绵设施应重点布置在径流污染严重的区域和入河雨污水管网附近。

(3) 应考虑河道的蜿蜒特性，在满足相关规划情况下，宜依据现有河势走向，保留及恢复河道的自然弯曲形态，控制截弯取直。

(4) 海绵设施的布置，需保证河湖行洪排涝、输水、通航等基本功能不受影响。

6.5.12 河湖水体的竖向设计，应符合下列规定：

(1) 应解析河道建设范围内和周边地块的地形特点，雨水宜自流进出海绵设施。调蓄池中储存的初雨径流或者溢流污水可通过提升，进行净化后回用或排放。

(2) 水体应在满足规划断面基础上，结合水生动植物生境构建要求，开展竖向断面设计，包括矩形、梯形和复式断面形式等，可通过设置不同坡比、平台高度和宽度、人工岛、河底深潭浅滩等，形成多样化的断面形式。

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

6.5.13 湖泊、河道的清淤、沿岸的硬化护坡处理不得影响堤坝基础。

6.5.14 城市水系海绵城市系统构建流程如图 6.5.14 所示：

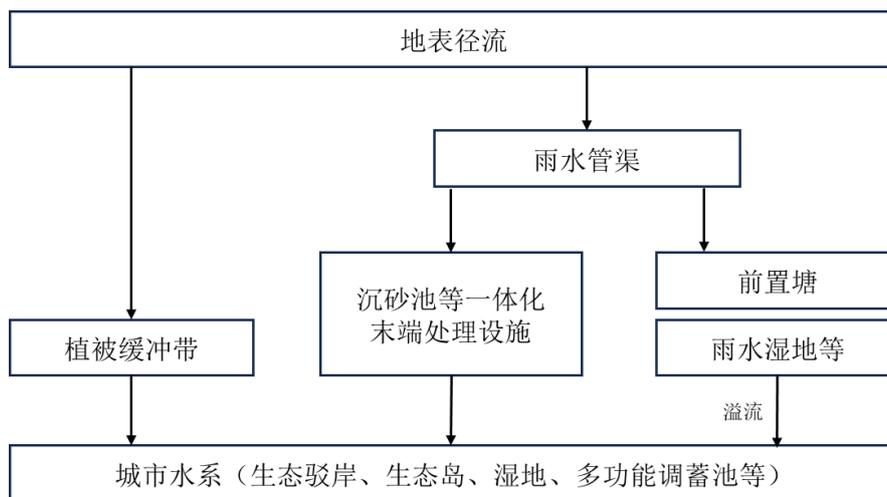


图 6.5.14 城市道路海绵城市系统构建流程示意图

6.6 技术措施

6.6.1 海绵设施类型及应用

各类海绵设施的选用应根据中山市气候特点和土壤地质情况，结合各类海绵设施的设置条件，按照“经济有效，绿色生态，便于改造”的原则进行选择。

表 6.6.1 海绵城市技术措施分类表

| 序号 | 海绵设施 | 适用情况 | 说明 |
|----|--------|--|---|
| 1 | 透水铺装 | 透水铺装主要适用于广场、停车场、人行道、室外庭院等，如建筑与小区道路、市政道路的非机动车道等。 | 透水铺装适用区域广、施工方便，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。 |
| 2 | 下沉式绿地 | 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。 | 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。 |
| 3 | 绿色屋顶 | 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。 | 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。 |
| 4 | 植草沟 | 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、湿塘等海绵设施的预处理设施。 | 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。 |
| 5 | 植被缓冲带 | 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海绵设施的预处理设施，也可作为城市水系的滨水绿化带。 | 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 | 生物滞留设施 | 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。 | 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。 |
| 7 | 雨水湿地 | 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。 | 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。 |
| 8 | 雨水调蓄设施 | 雨水调蓄设施适用于有雨水回用需求的建筑与小区、城市绿地等，或 | 宜利用下沉式公园及广场等与湿塘、雨水湿地合建，构 |

| 序号 | 海绵设施 | 适用情况 | 说明 |
|----|--------|--|---|
| | | 有削减径流峰值需求的城市雨水管渠系统中。 | 建多功能调蓄水体。也可对小区现有水池或景观水体进行改造，作调蓄池用。 |
| 9 | 湿塘 | 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。 | 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。 |
| 10 | 初期弃流设施 | 初期雨水弃流设施是其他海绵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海绵设施的前端。 | 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。 |

6.6.2 透水铺装

(1) 透水铺装根据面层的不同，通常分为透水砖、透水水泥混凝土及透水沥青混凝土三种形式。

(2) 透水铺装的各结构层的孔隙率、渗透系数、抗压强度、抗折强度、抗磨长度等应符合《透水砖路面技术规程》(CJJ/T 188)、《透水水泥混凝土路面技术规程》(CJJ/T 135)及《透水沥青路面技术规程》(CJJ/T 190)等要求。

(3) 透水铺装下的土基应具有一定的渗透性能，土壤透水能力有限时，应在透水铺装的透水基层内设置排水管或排水板。当遇到下述情况时，应在透水基层内设置排水系统：

- 1) 布置在未设置排水系统的地下室顶板上时；
- 2) 基层底部土壤渗透性能有限，渗透系数小于 $4 \times 10^{-7} \text{m/s}$ ；
- 3) 透水基层底部采用了防渗措施。

透水基层内排水管可选用缝隙式或圆孔式穿孔排水管，穿孔管管径宜为 100mm~150mm，排水坡度应大于 0.5%；穿孔管可接检查井排放或渗透井入渗。

(4) 当遇到下述情况时，不宜采用透水铺装：

- 1) 地下水常水位埋深小于 0.6m；
- 2) 场地易受含油脂类、重金属、有毒化学物等污染物污染；
- 3) 地表坡度大于 10%。

(5) 透水铺装路面应满足相应的承载力要求；路面坡度宜采用 1.0%~

1.5%。

(6) 面层透水砖的透水系数应不小于 0.1mm/s，下面各层的透水系数应不小于上层的。

(7) 当透水铺装坡度大于 1.5%时，沿长度方向宜设置隔断层，隔断层顶端宜处于透水面层之下。

最大隔断长度可采用下式计算：

$$L_{pmax} = \frac{D_p}{1.5 \times S_p} \quad (\text{式 6.6.2})$$

式中： L_{pmax} ——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

6.6.3 下沉式绿地

(1) 下沉式绿地应结合规模与竖向设计，使雨水径流能够通过地表坡度、水平分水槽引导后进入，并可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) 下沉式绿地的下沉深度应根据土壤入渗系数和最大渗透排空时间确定，一般为 100mm~200mm。最大不宜超过 250mm。

(3) 下沉式绿地内应设置溢流口（如雨水口），保证多余径流的溢流排放，溢流口顶部标高一般应高于绿地 50mm~100mm。

(4) 雨水宜分散进入下沉式绿地，当集中汇入时应在入口处设置缓冲设施。

(5) 下沉式绿地的雨水下渗时间一般要求不大于 24h。

(6) 下沉式绿地植物应选用耐旱耐淹的品种。

6.6.4 绿色屋顶

(1) 绿色屋顶应符合《屋面工程技术规范》（GB 50345）、《种植屋面建筑构造》（14J206）及《建筑设计防火规范》（GB 50016）、《建筑屋面雨水排水系统设计规程》（CJJ 142）的要求。

(2) 绿色屋顶应考虑屋面荷载、阻根、防水及屋面构造安全，并与生态和景观相结合。绿色屋顶宜包括下列构造：防渗层、保护层、排水层、透水土工布层及种植土壤层。

(3) 绿色屋顶种植土宜选用改良土或无机复合种植土，禁止使用三合土、石渣、膨胀土等土壤作为栽植土。

(4) 绿色屋顶的排水坡度宜为 1%~2%，单向坡长大于 9m 时宜采用结构调坡。

(5) 绿色屋顶植物选择应满足下列要求：

1) 遵循植物多样性和共生性原则，以滞尘控温能力较强的本地常用和引种成功的植物为主，优先选择低矮灌木、草坪、地被植物等；

2) 应尽量减少对屋面排水系统的影响，宜选择四季常青、落叶较少、易于维护的植物；

3) 不宜选用根系穿刺性较强的植物，防止植物根系穿透建筑防水层；

4) 选择抗污性强，可耐受、吸收、滞留有害气体或污染物质的植物。

(7) 绿色屋顶排水设计应满足下列要求：

1) 绿色屋顶应按规范设置相应的排水系统和溢流系统；

2) 屋面雨水管排入绿地等设施时，应视具体情况设置减少雨水冲击力的缓冲消能措施；

3) 绿色屋顶的排水收集口应能有效排除屋顶表面径流和种植土下的排水层的渗流，可设置在雨水收集沟内。

(8) 绿色屋顶荷载设计，除满足屋面结构荷载外，还应符合下列规定：

1) 植物荷重设计应按植物在该环境下生长 10 年后的荷重估算；

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

表 6.6.4 初栽植物荷重

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

(9) 既有建筑屋面改造为绿色屋顶前，应对原屋面结构进行安全性与承载力鉴定。

6.6.5 植草沟

(1) 植草沟根据结构层的不同，可分为转输型植草沟、有蓄水能力的湿式植草沟、含土壤层与过滤介质且带有地下排水系统的渗透型干式植草沟。

(2) 植草沟的设计应满足下列要求：植草沟的最大流速应小于 0.8m/s，曼宁系数宜为 0.2~0.3，总高度不宜超过 600mm，底部宽度宜为 0.6m~2.4m。积水区的进水宜沿沟长多点分散布置，宜采用明沟布水；当大量雨水径流通过管道进入植草沟时，宜在进口处设置消能设施。植草沟的雨水井口处不应种植较大的树木，以防涌水。

(3) 植草沟断面形式宜为梯形、抛物线形或三角形，当为抛物线断面形式时，边坡比宜为 1:3~1:5。

(4) 转输型植草沟坡度宜为 1%~3%，渗透型干式及湿式植草沟坡度宜小于 2%。

(5) 渗透型干式植草沟应满足：

- 1) 雨水排空时间不宜超过 24h；
- 2) 砾石排水层孔隙率宜不小于 30%，厚度宜为 150mm~300mm。

(6) 湿式植草沟最大蓄水深度不宜超过 300mm 并应分段设置台坎等溢流设施。

(7) 当植草沟纵坡小于 4%时，宜设置消能台坎；当植草沟纵坡大于 4%时，应设置为阶梯型或中途设置消能台坎。消能台坎的设置宜满足下列要求：

- 1) 消能台坎可由缓凝土、级配碎石、卵石或其他材料构成；
- 2) 消能台坎宜在植草沟内分散均匀布置，台坎高度宜在 150mm~300mm 之间，并低于植草沟的顶部；
- 3) 消能台坎的间隔可根据植草沟坡度确定，可按下表进行选取：

表 6.6.5 消能台坎间隔取值表

| 植草沟坡度 (%) | 消能台坎间隔 (m) |
|-----------|------------|
| 2 | 30 |
| 3~5 | 12~20 |
| 6~9 | 6~10 |
| 10~15 | 4~6 |

(8) 植草沟的纵向坡度应严格与道路保持一致。

(9) 转输型与湿式植草沟宜种植草皮等较矮的种植物；渗透型植草沟可种植草本花卉等，种植物的耐淹时间应大于 24h。

6.6.6 植被缓冲带

(1) 植被缓冲带应选择地势平坦、土壤排水性良好的场地。坡度宜为 2%~6%，宽度不宜小于 2m，长度（沿水流方向）不宜小于 6m。当坡度大于 6%时宜设置消能设施。

(2) 应通过合理的竖向设计使雨水径流能够通过地表坡度、水平分水槽引导后进入植被缓冲带。

(3) 雨水宜分散进入植被缓冲带，当集中入流时应在入口处设置水平分水槽。当雨水径流污染较严重时，不宜进入植被缓冲带或需经预处理后方可接入。

(4) 植被缓冲带根据项目情况配置乔木和草本植物，乔木可稳固河岸，防止冲刷和侵蚀；草本可增加地表径流的渗透能力，提高对沉淀物的沉积能力。

6.6.7 生物滞留设施

(1) 生物滞留设施包括下列构造：进水设施、覆盖层、土壤层、砂滤层、砾石排水层和溢流设施。根据设施外观、大小、建造位置和适用范围的不同，又称作雨水花园、生物滞留带、渗透型绿地、生态树池等。

(2) 生物滞留设施进水方式包括漫流进水与集中进水。漫流进水时四周宜设置不超过 1:3 的边坡。集中进水时应设置消能缓冲设施。

(3) 生物滞留设施各结构层设计应满足下列要求：

1) 集水面积不宜过大，生物滞留设施与汇水面积之比宜为 1:5~1:15；面积可按照下列公式计算：

$$A = \frac{V}{h + \sum d_i \times p_i} \quad (\text{式 6.6.7})$$

式中：A——生物滞留设施面积（m²）

V——生物滞留设施滞留雨水量（m³）

h——生物滞留设施蓄水层深度（m）

d_i——土壤层、砾石层厚度（m）

p_i——为土壤层、砾石层孔隙率（%）

2) 蓄水层深度应根据植物耐淹性能和土壤渗透性能确定，一般为

200mm~300mm，并设置 100mm 的超高；

3) 宜设置 50mm~100mm 覆盖层，覆盖层可采用枯树皮、陶粒等地表覆盖物，以减轻径流雨水冲刷及土壤层水土流失，实现水土保持功能；

4) 土壤层厚度宜为 300mm~800mm，土壤介质的土壤渗透系数不宜小于 $5 \times 10^{-5} \text{m/s}$ ，同时符合植物生长及园林绿化养护管理技术要求；

5) 土壤层与砾石排水层之间宜设置不小于 50mm 的砂滤层；

6) 砾石排水层厚度宜为 250mm~300mm，并宜在底部埋置穿孔排水管。

砾石排水层及穿孔排水管可按照以下要求设计：

① 排水层宜采用水洗级配砾石，砾石粒径为 12mm~18mm 且不小于穿孔管的开孔孔径，孔隙率不小于 40%；

② 宜以每 3m 间距设置穿孔管，管径不宜小于 100mm；

③ 每根穿孔管宜设置不少于 2 根清洗立管，清洗立管管径宜为 100mm~150mm。

7) 设施的四周宜设置土工布。

(4) 当底部渗透面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）时，底层应设置防渗膜。

(5) 当渗水对周围建构筑物有不利影响时，可在设施底部及周边设置防渗膜。

(6) 生物滞留设施底部原位土壤不宜压实。

(7) 生物滞留设施内表层土壤入渗能力不足时，应换土或掺沙改良土壤增大入渗能力，改良后的介质土各组分可根据植物种类、场地条件、汇水区属性等情况进行配置，可由 40%~55%中砂，5%~10%有机质以及不超过 35%~55%的种植土组成，并可增设渗管/渠、渗井等人工渗透设施。

(8) 生物滞留设施内存蓄雨水宜在 12h~48h 排空。

(9) 生物滞留设施应选择能耐周期性水淹、净化能力强并有一定抗旱能力的植物，蓄水区的植物应耐 48h 水淹。

6.6.8 雨水湿地

(1) 雨水湿地的设计应根据进出水设计水质计算污染物去除负荷和水力负荷，设计参数的确定应根据试验或当地相似污水或初雨的运行数据。无资料时，可参考《人工湿地污水处理工程技术规范》(HJ 2005)的设计参数。

(2) 雨水湿地设置的数量应根据处理规模的大小合理确定池数，并宜 2 组以上平行运行。

(3) 雨水湿地的有效面积应分别按 BOD 负荷和水力负荷进行计算，并取两者中的大值。

(4) 雨水湿地系统的填料宜选用沸石、石灰石、砾石、碎石、高炉矿渣、陶粒等。填料粒径范围宜取 2mm~100mm，不同形式的雨水湿地根据级配要求进行合理配置，避免滤层堵塞。对于起均匀布水作用的填料，粒径宜取 10mm~35mm。填料的有效粒径比例不宜小于 80%。

(5) 雨水湿地的植物宜选取根系发达、成活率高、处理性能好、抗污能力强且具有一定美学和经济价值的水生植物。

6.6.9 雨水调蓄设施

(1) 雨水调蓄设施包括雨水调蓄池、水塘、水池、湖泊（人工湖）、屋面水池、雨水罐（桶）等。

(2) 雨水调蓄设施系统组成一般包括集水区、初期雨水弃流设施、处理系统及蓄水区。

(3) 雨水存储设施宜设置在室外，当雨水存储设施设于地下室时，应在室外设有超调蓄能力的溢流措施。

(4) 雨水调蓄设施的设计应遵循以下规定：

1) 应设置溢流装置，其溢流管管径不应小于进水管管径；

2) 应设检查口或人孔，有效内径不小于 700mm，检查口下方的池底宜设集泥坑；

3) 溢流管和通气管应设防虫措施；

4) 当雨水存储设施不具备条件设置排泥设施或排泥确有困难时，应设冲洗管道，并定期冲洗避免泥沙沉积。冲洗水源可优先采用池水，并与自动控制系

统联动；

5) 设计应考虑周边荷载的影响，其竖向承载能力及侧向承载能力应大于上层铺装和道路荷载及施工要求，采用塑料模块时，其使用期限的安全系数应大于 2.0。

(5) 初期雨水径流污染较大时，需要设置初期雨水弃流设施，弃流雨水应排入市政污水管道。初期雨水弃流设施的入口处宜设置拦污净化设施；当采用前置塘作为拦污净化设施时，前置塘应设置清淤通道和防护设施，前置塘沉泥区容积应根据清淤周期和入流雨水污染负荷 SS 确定。

(6) 雨水蓄水区应与道路排水系统结合设计，应与上下游排水流量的衔接。

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

当缺乏上下游流量过程线资料时，可采用脱过系数法，按下式计算：

$$V = \left\{ - \left[\frac{0.65}{n^{1.2}} + \frac{b}{T} \times \frac{0.5}{(n + 0.2)} + 1.10 \right] \times \log(a + 3) + \frac{0.215}{n^{0.15}} \right\} \times QT$$

(式 6.6.9)

式中：V——调蓄设施有效容积 (m³)

b——暴雨强度公式参数

n——暴雨强度公式参数

a——脱过系数，取值为调蓄设施上游和下游设计流量之比

Q——调蓄池上游设计流量 (m³/min)

T——降雨历时 (min)

(8) 在地基不稳定的场地采用雨水存储设施时应采取有效的安全措施，确保雨水存储设施不发生沉陷、挤压等损坏；在高含盐土壤地不应采用模块化雨水储水池。

6.6.10 湿塘

(1) 湿塘应设置前置塘对雨水径流进行预处理，前置塘深度宜为 1.2m~1.8m，容积宜占主塘的 10%~15%。在进水口和溢流出水口处设置碎石、消能坎等消能设施，防止水流冲刷和侵蚀。

(2) 湿塘的构造设计应遵循以下规定：

- 1) 长宽比宜大于 2:1，深度宜大于 0.9m；
- 2) 底层土壤的渗透系数宜小于 10^{-6}m/s ；
- 3) 应设溢流设施，并与城市雨水管渠系统和排涝除险径流排放系统合理衔接。

(3) 湿塘的安全超高不应小于 0.3m，调节水量应在 36h 内排空。

(4) 湿塘内应根据水深不同种植不同类型的水生植物。

6.6.11 初期弃流设施

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

(2) 初期雨水弃流设施服务区域的最远点至弃流设施的距离不宜大于 300m。

(3) 初期雨水弃流设施的类型较多、构造各异，初期径流弃流池、自控弃流装置、渗透弃流井等常见设施的设计要点可参见《建筑与小区雨水利用工程技术规范》(GB 50400) 的相关规定，具体设计可参考国家建筑标准设计图集《雨水综合利用》(10SS 705)。

6.7 成果表达要求

6.7.1 初步设计成果要求

(1) 初步设计成果应达到海绵城市建设各项指标要求，明确建设内容及工程量，提供海绵城市设计说明书及图纸。

(2) 设计说明书应包含以下内容：

1) 工程概述：包括项目的区域位置、项目类型、项目功能、海绵城市建设规划指标要求及主要设计内容、经济技术指标、编制依据、编制原则等；

2) 现状条件及问题评估：针对气候特征、水文地质、地形地貌、河湖水系、排水系统、城市开发现状、下垫面分布等情况开展调查，分析项目及所在片区水安全、水环境、水生态、水资源等方面存在的问题；

3) 确定设计目标：年径流总量控制率、可渗透地面面积比例等设计目标；

4) 方案设计：设计方案需体现海绵城市设计的总体构思与布局，包括：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；

5) 工程投资：海绵城市建设相关工程量及投资统计（可含在主体工程造价中）；

6) 海绵城市设计方案自评价表。

（3）初步设计应包含以下图纸：

- 1) 雨水分区示意图
- 2) 下垫面分类布局图
- 3) 海绵设施分布总图
- 4) 场地竖向及径流路径图
- 5) 排水设施平面布置图
- 6) 室外排水管网布置图

6.7.2 施工图设计成果要求

（1）施工图设计应对海绵设施的规模、布局、有效调蓄深度、安全距离、排水防涝工程措施进行重点说明，满足年径流总量控制率、控制指标与设计降雨量等标准要求。

（2）施工图设计的设计说明书、设计计算书、图纸应符合《中山市海绵城市施工图设计导则及审查要点（试行）》的要求。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 开工前，施工单位应根据合同文件、勘察、设计单位提供的施工界域内地下管线等建（构）筑物资料、水文地质资料等收集齐全并踏勘施工现场，编制施工组织设计应增加海绵城市施工内容，并按其管理程序进行审批。

7.1.2 海绵设施的规模、竖向高程、平面布局等应严格按照审批合格的设计文件进行施工。

7.1.3 施工现场应有针对海绵设施的质量控制和质量检验制度。

7.1.4 施工单位应针对海绵设施施工建立安全施工技术、质量、安全生产、文明、环保等管理体系，制定各项施工管理制度，并贯彻执行。

7.1.5 海绵设施所用原材料、半成品、构（配）件、设备等产品，进入施工现场时必须按相关要求进行现场验收。

7.1.6 施工中必须建立安全技术交底制度，作业前主管施工技术人员必须向作业人员进行详尽的安全技术交底，并形成文件。

7.1.7 施工中应对施工测量及其内业经常复核，确保准确无误。

7.1.8 施工单位应按经过审批有效的设计文件和设计变更进行施工，未经批准的设计文件、工程洽商严禁施工。

7.1.9 施工现场应做好水土保持措施，减少施工过程中对场地及其周边环境的扰动和破坏。

7.1.10 应严格按照审批合格的设计文件要求，进行各项设施进水口防冲刷施工，确保预处理设施功能有效发挥。

7.1.11 海绵设施施工时，应注意溢流排放系统与城市雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统有效衔接，防止倒灌现象出现。

7.1.12 严格按照规范及相关文件对城市径流雨水行泄通道及易发生内涝的道路、下沉式立交桥区等进行各项警示指标、预警系统建设，避免对公共安全造成危害。

7.1.13 对于改扩建项目，应查明地下原有的水、暖、电气、通讯、燃气等配套设施，未经设计确认和有关部门批准严禁拆改。

7.2 设施施工

7.2.1 透水铺装施工应满足以下规定：

(1) 透水砖：透水砖材料除应符合设计要求外，还应符合《透水砖路面技术规程》(CJJ/T 188)、《透水砖路面(地面)设计与施工技术规程》(DBJ 13-104)等现行有关标准的规定。

(2) 透水水泥：水泥质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175)的要求，不同等级、厂牌、品种、出厂日期的水泥不得混用。配合比设计宜符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55)的规定，其强度、透水系数、耐磨性等性能指标应符合设计要求。

(3) 透水沥青：透水沥青混合料配合比设计可采用现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF 40)中开级配抗滑磨耗层配合比设计方法。其配合比设计按目标配合比、生产配合比及试拌试铺验证的三个阶段进行，以确定矿料级配及最佳沥青用量。而连通空隙率测试方法按《透水沥青技术规程》(CJJ/T 190)附录进行。

7.2.2 下沉式绿地施工应满足以下规定：

(1) 雨水入口尺寸和数量应满足设计要求，入口采用碎石或者砾石作为消能措施时，碎石或者砾石粒径、布设范围应满足设计要求。雨水出口溢流设施应符合设计要求。

(2) 绿地断面和溢流口应按照设计要求施工。

(3) 下凹区域原土或者换填土粒径不应超过 5cm，不应降低自然土壤的渗透能力，不得采用机械压实。回填土中掺加中、粗砂时，中、粗砂粒径应符合设计要求。

(4) 靠近路基或者建(构)筑物，按照设计要求需要铺设土工膜或者土工布时，产品性能、尺寸应符合设计要求。

(5) 植物种植应满足园林专业要求。

7.2.3 绿色屋顶施工应符合《种植屋面工程技术规程》(JGJ 155)的有关规定。

7.2.4 植草沟施工应满足以下规定：

(1) 植草沟应按设计要求和实际地形控制坡度和高程。坡度应顺畅，线形

应流畅，表面应平整、密实，景观效果美观，应考虑蚊虫滋生对环境的影响。

(2) 植草沟边坡应进行压实以防止坍塌及水土流失，沟槽开挖完成后，挡水堰的位置应设置临时挡水坝/袋，防止沟槽内土壤流失。

(3) 兼顾入渗的植草沟沟槽应避免因重型机械碾压和水泥混凝土拌合作业等造成的基层土壤渗透性能降低。

(4) 植草沟内土壤不应裸露，植被高度宜控制在 100mm~200mm。

7.2.5 植被缓冲带

(1) 植被缓冲带断面形式、土质、植被材料应符合设计要求。

(2) 消能沟槽、渗排水管、净化区、进、出水口等应严格按设计布置施工，排水管与周边排水设施平顺衔接。

(3) 植被配置严格按设计要求进行施工，并应符合《园林绿化工程施工及验收规范》(CJJ 82) 的规定。

7.2.6 生物滞留设施施工应满足以下规定：

(1) 施工宜在汇水面施工完成后进行。进水口的平面位置和高程应能保证汇水面径流雨水的汇入。

(2) 生物滞留带沟槽周边或预留进水口处应设置临时挡水坝/袋等水土流失控制设施。

(3) 雨水入口尺寸和位置应满足设计要求，入口采用碎石或者砾石作为消能措施时，碎石或者砾石粒径、布设范围应满足设计要求。

(4) 入渗型生物滞留设施沟槽机械开挖、水泥混凝土拌合与挡墙砌筑作业等宜在沟槽外围进行。

(5) 生物滞留设施底部采用防渗膜时，防渗膜的产品性能及尺寸应符合设计要求。

7.2.7 雨水湿地施工应符合下列规定：

(1) 床体高程和底坡应满足设计要求并进行高程校核。

(2) 防渗层下方的基础层应平整、压实、无裂缝、无松土，表面应无积水、石块、树根和尖锐杂物。防渗层应验收合格。

(3) 雨水湿地填料投放前宜先检测有效粒径，其有效粒径应满足要求。

(4) 雨水湿地不同区域应投放不同填料，垂直流雨水湿地中应按填料级配投放填料。

(5) 若采用穿孔管进行配水和集水时，应防止穿孔堵塞、保护穿孔管不受损坏。管道敷设应满足管道布水或收水的坡度要求。管道及底层填料施工完毕应做通水试验。

(6) 植物种植时，应保持覆盖层湿润。应搭建操作架或铺设踏板，不应直接踩踏雨水湿地和植物幼苗。

7.2.8 雨水罐施工前应复核平面位置及安装高程，安放在地面上的雨水罐应固定牢靠，使用方便、便于维护。

7.2.9 钢筋混凝土蓄水池底板施工应符合下列规定：

(1) 应对地基基础进行复验后方可施工。

(2) 渗透池应在底板上铺设透水土工布。

(3) 蓄水池应在底板浇筑前铺设不透水土工膜，底板下压埋的不透水土工膜宽度不应小于 500mm，且超出底板周边长度不应小于 300mm，设于底板下的不透水土工膜应在底板浇筑前完成焊接和检查工作。

(4) 养护完成后，方可进行下一步施工。

7.2.10 钢筋混凝土蓄水池砌筑应符合下列规定：

(1) 铺浆砌筑池体应在底板验收合格后进行，砌筑前应将硅砂砌块用水浸透。

(2) 池体砌筑采用水泥砂浆粘接砌块，从下往上逐层进行，层与层之间采用错缝砌筑。

(3) 管道穿过硅砂蓄水池墙体时，穿墙部位应做好防水。

(4) 砌筑后的池体应及时进行养护，不得遭受冲刷、震动或撞击。

(5) 人孔、排气孔、水流组织通道的施工应符合设计要求。

(6) 池体整体砌筑完成后，采用加气砌块把不规则的池壁取直，加气砌块采用水泥砂浆粘接。

(7) 池顶应采用钢筋混凝土预制板封盖，板间缝隙应用混凝土封堵。

(8) 池顶不透水土工膜上应铺粗砂保护层，铺设厚度宜为 100mm。

7.2.11 塑料模块拼装组合水池骨架的安装应符合下列规定：

(1) 渗透池应在底板上铺设透水土工布，蓄水池应在底板上铺设不透水土工膜土工布和土工膜的产品性能应符合设计要求。

(2) 模块的铺设和安装从最下层开始，逐层向上进行。在安装底层模块时，应同时安装水池出水管。当有井室时应先将井室就位，模块使用连接件连成整体。

(3) 水池骨架安装到位后，安装水池的进水管、出水管、通气管等附件。在水池骨架的四周和顶部包裹土工布或土工膜并按照设计要求回填。

7.2.12 湿塘、调节塘施工应满足以下规定：

(1) 湿塘、调节塘的平面位置、尺寸、边坡坡度、雨水入口消能设施、雨水出口整流设施应符合设计要求。

(2) 前置塘和主塘采用配水石笼时，石笼网材料、块石尺寸应符合设计要求。

(3) 种植的水生植物应符合设计要求。

7.2.13 井室、雨水口及其他附属构筑物周围回填应符合下列规定：

(1) 井室周围的回填，应与管道沟槽回填同时进行，不便同时进行，应留台阶形接茬。

(2) 井室周围回填压实时应沿井室中心对称进行，且不得漏夯。

(3) 回填材料压实后应与井壁紧贴。

(4) 路面范围内的井室周围，应采用石灰土、砂、砂砾等材料回填，其回填宽度不宜小于 400mm。

(5) 严禁在槽壁取土回填。

7.2.14 水系施工不应影响正常的通航需求。

7.2.15 排水管渠系统施工应符合以下规定：

(1) 沟槽的开挖、支护方式应根据施工地质条件、施工方法、周围环境等要求进行技术经济比较，确保施工安全和环境保护。

(2) 排水管渠构造、断面和坡度等应按设计要求施工，应确保流水通畅。

7.2.16 管道的承插式柔性连接、套筒（带或套）连接、法兰连接、卡箍连接等

方法采用的密封件、套筒件、法兰、紧固件等配套管件，应由管道生产厂家配套供应；管道的电熔连接、热熔连接应采用专用电器设备、挤出焊接设备和工具进行施工。

7.2.17 管道连接时应清理干净连接部位和密封件、套筒等配件，连接用的钢制套筒、法兰、卡箍、螺栓等金属制品应根据现场土质并参照相关标准采取防腐措施。

7.2.18 塑料管道连接接口出现端面空隙、偏斜、错口或不同心等缺陷时，不应采用强力对口、加热管道、加偏垫或加多层垫等方法来消除。

7.2.19 管道穿越池壁或地下室外壁时应加装防水套管，管道和套管之间的间隙宜采用不燃材料填塞。

7.2.20 安装完的管道中心线及高程调整合格后，应及时将管底有效支撑角范围用中粗砂回填密实，不得用土或其它材料回填。

7.2.21 管道沟槽回填应符合下列规定：

- (1) 沟槽内砖、石、木块等杂物清除干净。
- (2) 沟槽内不得有积水，不得带水回填。

8 验收

8.1 一般规定

8.1.1 海绵城市建设工程施工质量验收应符合国家现行有关标准的规定。

8.1.2 承担施工质量验收的单位应具有相应资质，参加施工质量验收的各方人员应具备相应的技术资格。

8.1.3 竣工验收应由建设单位组织设计、施工、监理及有关单位联合进行。

8.1.4 建设项目中的海绵设施宜作为项目中的分部（子分部）、分项工程、检验批进行验收。重点对设施规模、竖向、进水设施、溢流排放口、水土保持、绿化种植、安全等关键环节进行验收并做好验收记录，验收合格后方可交付使用。

8.1.5 施工验收时，应具有下列文件：

- (1) 施工图、竣工图和设计变更文件
- (2) 主要设备和材料的合格证和试验记录、工程合同和招投标文件
- (3) 混凝土、砂浆、焊接、渗水试验、水压试验和满水试验等试验、检验记录
- (4) 隐蔽工程验收记录和中间试验记录
- (5) 管道冲洗记录
- (6) 管道、容器的压力试验记录
- (7) 工程质量事故处理记录
- (8) 工程质量验收评定记录
- (9) 设备调试运行记录

8.1.6 所有与工程建设有关的原始记录、试验检测及计算数据、汇总表格，必须如实记录和保存。对已经采取措施进行变更的项目，可在原记录和数据上注明，但不得销毁。

8.1.7 工程竣工验收报告中，应当写明海绵设施相关工程措施的落实情况，提交有关机关备案。

8.2 施工质量验收

8.2.1 海绵设施的施工质量验收包括施工材料验收、检验批验收、隐蔽工程验收、关键环节及重要部位验收、分项工程验收和分部（子分部）工程验收等环节。

8.2.2 建设项目中源头减排类海绵设施施工质量验收应符合下列规定：

- （1）施工质量应符合本标准和相关专业验收规范的规定。
- （2）施工质量应符合工程勘察和设计文件的要求。
- （3）施工质量验收应在施工单位自行检查并且评定合格的基础上进行。
- （4）施工质量的主控项目和一般项目、每个检查项目的检测数量，应符合《中山市海绵城市建设工程施工与质量验收标准（试行）》的要求。
- （5）对涉及结构安全和使用功能的工程应按国家、广东省和中山市现行有关规范、标准的要求进行试验或检测。
- （6）施工单位在施工过程中应随时对施工质量进行自检。监理单位应按规定进行监督，当发现有未按要求施工、完工质量低劣等异常情况时，应立即追加检查。施工过程中无论是否已经返工补救，所有数据必须如实记录，不得销毁。
- （7）施工单位应对选用的材料及关键工序或重要部分拍摄照片或进行录像，作为实态记录及保存资料的一部分。
- （8）工程结束后，施工单位应根据现场实际情况如实编制施工管理与质量检查报告。

8.2.3 施工质量验收的程序应符合下列规定：

- （1）施工材料进场时，应由施工单位及时通知专业监理工程师进行验收。验收合格后监理单位应督促施工单位及时取样进行复试。
- （2）检验批应由专业监理工程师组织施工单位专业质量检查员、专业工长等进行验收。
- （3）隐蔽工程应由专业监理工程师负责验收。
- （4）分项工程应由专业监理工程师组织施工单位专业技术负责人等进行验收。
- （5）分部（子分部）工程应由总监理工程师组织施工单位项目技术负责人

和项目负责人等进行验收。

8.2.4 施工质量验收不合格时，应按下列规定处理：

- (1) 经返工或返修的检验批，应重新进行验收。
- (2) 经有资质的检测机构检测鉴定能够达到设计要求的检验批，应予以验收。
- (3) 经有资质的检测机构检测鉴定达不到设计要求、但经原设计单位核算认可能够满足安全和使用功能的检验批，可予以验收。
- (4) 经返修或加固处理的分项、分部工程，满足安全及使用功能要求时，可按技术处理方案要求予以验收。

8.2.5 施工材料进场验收要点：

应提供能够反映该物资品种、规格、型号、数量、性能和有关技术标准等的质量证明文件，如产品生产许可证、产品合格证、质量合格证、质量保证书、检测报告、使用说明书、产品质量、安全和环保认证及标识等。如采用外来土壤回填的，宜提供土壤质量检测报告。

8.2.6 施工材料验收要点：

- (1) 材料进场时施工单位应对品种、规格、外观等进行验收。材料应包装完整，包装内应具有产品合格证、中文说明书及相关性能检测报告，进口产品应按《进出口商品抽查检验管理办法》等相关规定进行商品检验。
- (2) 凡涉及安全、节能、环境保护和主要使用功能的重要材料和产品，施工单位应按各专业工程施工规范、验收规范和设计文件等规定进行复验，并应经监理单位确认。同一厂家生产的同一品种、同一类型的进场材料应至少抽取一组样品进行复验，当合同另有约定时应按合同执行。
- (3) 施工单位应保证相关试验检测资料齐全、正确。

8.2.7 海绵设施所采用的主要材料、半成品、成品和设备应进行现场检验。海绵设施涉及渗透功能、净化功能等主要功能的重要材料、产品，应提供第三方检测报告。

8.2.8 检验批质量应经抽样检验合格，并应符合下列规定：

- (1) 主控项目应进行抽样检验或全数检查，并应达到 100%合格。

(2) 一般项目应进行抽样检验，并应达到 80%以上合格，且不合格项偏差值不得超过允许偏差值的 1.5 倍。

(3) 施工单位应具有完整的质量检查记录，并应经监理单位检查确认。

8.2.9 渗透设施、储存设施、调节设施等隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理单位进行验收。验收时应进行拍摄照片、视频记录，验收合格后应形成验收文件。

8.2.10 分项工程所含检验批应符合质量要求的规定，做好验收记录，并应经监理和建设单位确认。

8.2.11 分部（子分部）工程质量验收合格应符合下列规定：

(1) 分部（子分部）工程所含分项工程的质量均应验收合格，做好验收记录，并经分包、施工、勘察、设计、监理、建设单位确认。

(2) 质量控制资料应完整，并经施工和监理单位确认。

(3) 涉及结构安全和使用功能的质量应按规定验收合格，做好验收记录，并经参与验收的分包、施工、监理和建设单位确认。

9 运行维护

9.1 一般规定

9.1.1 海绵城市设施应配有专职人员管理，管理人员应经专门培训上岗，掌握各类设施的维护内容、方法和频次。各管理部门应建立维护人员日常管理制度，根据维护需要合理安排人员数量、维护时间，保证各类设施维护工作顺利进行。

9.1.2 应加强海绵城市设施的数据库建立与信息技术应用，通过数字化信息技术手段，进行科学维护、管理与监测。

9.1.3 应定期对设施进行日常巡查，在雨季来临前对设施进行清洁和保养，并在雨季定期对工程各部分的运行状态进行观测检查和维护管理，保障设施正常、安全运行。

9.1.4 雨水入渗、收集、输送、储存、处理与回用系统应及时清扫、清淤。

9.1.5 在有台风、暴雨等灾害性气候来临之前，应临时进行安全性检查，保证各类设施在灾害性气候发生期间能够安全运行。应事先排空调蓄设施内的存水，保证系统调蓄功能的正常运行。

9.1.6 雨水利用设施中防止误接、误用、误饮的措施应保持明显和完整，严禁擅自移动、涂抹、修改雨水回用管道和用水点标记，雨水利用设施处理水质应进行定期检测。

9.1.7 严禁向雨水口倾倒垃圾和生活污废水。

9.1.8 对调蓄池、隧道调蓄工程内部设施的运行维护操作，应按《城镇雨水调蓄工程技术规范》（GB 51174）和《城镇排水管道维护安全技术规程》（CJJ 6）的有关安全规定执行。

9.1.9 海绵城市设施由于堵塞、设备故障等原因造成暂停使用的，应及时向相应责任部门上报，同时进行排查，及时恢复使用。

9.2 建筑与小区

9.2.1 雨水入渗、收集、输送、储存、处理与回用系统应及时清扫、清淤，确保工程安全运行。

(1) 雨水口、屋面雨水斗应定期清理，防止被树叶、垃圾等堵塞。雨季时

应增大清理排查频率。

(2) 截污挂篮内拦截的废弃物，应定期进行倾倒。

(3) 蓄水模块应定期进行清洗，雨水蓄水池应每年进行一次放空。清洗和放空时间宜选择在旱季。

(4) 透水铺装应定期清洗，避免孔隙阻塞，以恢复透水铺装的透水性能。

9.2.2 用于雨水消纳的绿地、水景应根据季节变化进行养护。应对暴雨后残留的垃圾进行清理。

9.2.3 建筑与小区海绵城市设施的维护管理宜按表 9.2.3 规定执行。

表 9.2.3 海绵设施检查内容和周期

| 设施名称 | 检查时间间隔 | 检查/维护重点 |
|------|------------------------|-----------------|
| 集水设施 | 1 个月或降雨间隔超过 10 日之单场降雨后 | 污/杂物清理排除 |
| 输水设施 | 1 个月 | 污/杂物清理排除、渗漏检查 |
| 处理设施 | 3 个月或降雨间隔超过 10 日之单场降雨后 | 污/杂物清理排除、设备功能检查 |
| 储水设施 | 6 个月 | 污/杂物清理排除、渗漏检查 |
| 渗透设施 | 7 天和单场暴雨后 | 污/杂物清理排除、植物养护 |
| 安全设施 | 1 个月 | 设施功能检查 |

注：1.集水设施包括建筑物收集面相关设备，如雨水斗、雨水口和集水沟等。
2.输水设施包括排水管道、给水管道以及连接储水池与处理设施间的连通管道等。
3.处理设施包括初期径流弃流、沉淀或过滤设施以及消毒设施等。
4.储水设施指雨水储罐、雨水蓄水池、清水池以及用于雨水储存的景观水池等。
5.渗透设施指绿地、绿色屋顶以及透水性路面等。
6.安全设施指维护、防止漏电等设施。

9.3 绿地与广场

9.3.1 绿地与广场内用于雨水消纳的绿地、水景，用于污染处理和生态恢复的湿地、植被缓冲带等应根据季节变化进行养护，应对暴雨后残留的垃圾进行清理。

9.3.2 绿地与广场的设施维护，应符合下列规定：

(1) 灌溉设施须保证性能良好，接口处严禁滴、渗、漏现象发生；

(2) 当设施渗透能力大幅下降时应采用冲洗、负压抽吸等方法及时进行处理；

(3) 在暴雨过后应及时检查雨水花园的覆盖层和植被受损情况，及时更换受损覆盖层材料和植被；

(4) 湿塘、湿地等水体设施，应根据暴雨、洪水、干旱、结冰等各种情况，

进行水位调节。

9.3.3 绿地与广场中的海绵城市建设设施常规维护频次和要求宜按表 9.3.3 的规定执行。

表 9.3.3 海绵城市建设设施维护频次表

| 设施名称 | 维护频次 | 备注 |
|-------|--|-----------------------------|
| 透水铺装 | 检修、疏通透水能力 2 次/年（雨季之前和中期） | / |
| 雨水花园 | 检修 2 次/年（雨季之前和期中），植物常年维护 | 禁止使用除草剂等 药剂暴雨前应检查 溢水口 |
| 植草沟 | 检修 2 次/年（雨季之前和期中），植物常年维护 | |
| 生态树池 | 检修 2 次/年（雨季之前和期中），植物常年维护 | |
| 湿塘 | 检修、植物残体清理 2 次/年（雨季），植物常年维护，前置塘清淤（雨季之前） | |
| 人工湿地 | 检修、植物残体清理 2 次/年（雨季），植物常年维护，清淤（雨季之前） | |
| 植被缓冲带 | 检修 2 次/年（雨季之前和期中），植物常年维护 | |

9.4 城市道路

9.4.1 道路及其绿化带内的雨水入渗、收集、输送、储存系统应定时清扫、清淤，确保工程安全运行。

9.4.2 用于雨水消纳的道路绿化带应根据季节变化进行养护，应对暴雨后残留的垃圾进行清理。

9.4.3 透水路面的维护，应符合下列规定：

（1）透水路面的养护工作内容可分为日常巡视与检测、清洗保养、小修工程、中修工程、大修工程等。对于透水路面的较大损坏，应根据损坏程度，及时安排中修工程、大修工程，进行维修和整修。

（2）应经常检查透水路面的透水情况，每季度应至少检查一次，检查时间宜在雨后 1h~2h。发现路面明显积水的部位，应分析原因，及时采取维修保养措施。

（3）应定期对透水路面路段所有车道进行全面透水功能性养护，全面透水功能性养护频率应根据道路交通量、污染程度、路段加权平均渗水系数残留率、养护资金等情况进行综合分析后确定。透水路面通车后，应至少每半年进行 1 次全面透水功能性养护，透水系数下降显著的道路应每个季度进行 1 次的全面透水功能性养护。

(4) 除全面透水功能性养护外，应根据透水路面污染的情况，及时进行不定期的局部透水功能性养护，当发现路面上具有可能引起透水功能性衰减的杂物或堆积物时，应立即清除，并及时安排局部透水功能性养护。

9.5 城市水系

9.5.1 城镇排水海绵城市建设设施的维护应满足《城镇雨水调蓄工程技术规范》(GB 51174)、《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》(CJJ 68)及其它相关标准、规范的规定。

9.5.2 生态护岸的维护，应符合下列规定：

(1) 定期对护岸进行巡查，宜每半年巡查一次，重点关注护岸的稳定和安全。

(2) 加强对护岸范围内植物的维护和管理，特别关注使用年限与植物覆盖率息息相关的生态材料建成的生态护岸，如生态袋、植被网垫、开孔混凝土砌块和植生土坡等。

9.5.3 水生植物的维护，应符合下列规定：

(1) 定期对水生植物群落生长情况进行观测，挺水植物需防止植株的蔓延扩散，生长季末一次性收割；浮叶植物需控制叶面覆盖范围，沉水植物在整个生长周期内需进行适时维护，控制生长高度在水面 20cm~30cm 以内。

(2) 遵循无害化、减量化和资源化原则，及时收割水生植物并移出水体，妥善处置植物残体。

(3) 及时清理水生杂草、丝状藻类和外来入侵物种，并控制草食性鱼类数量。

(4) 加强水生植物病虫害防治管理维护。

9.5.4 原位净化设施的维护，应符合下列规定：

(1) 应定期对原位净化设施进行检查，主要包括固定桩（绳）的牢固性、各机械设备运转情况、生物填料的脱落情况和生物膜的挂膜附着情况等。若发现问题，应对松动或破损的床体采用更换或加固措施，尽快排除设备故障，并及时补充或更换生态填料。

(2) 根据水体溶解氧变化的规律，调整增氧机启闭时段，通常在水体溶解

氧低于 3mg/L 时开启，达到 5mg/L 时关闭。

(3) 当生物膜表面泥沙吸附过多，或者发生丝状藻覆盖缠绕现象，应及时清理生物膜的表面。

9.6 设施维护

9.6.1 透水铺装

(1) 面层出现破损时应及时进行修补及更换。

(2) 出现不均匀沉降时，应及时进行局部修整。

(3) 为确保透水铺装的性能，应定期清洗，避免孔隙阻塞，以恢复透水铺装的透水性能。

(4) 透水性沥青路面的养护，应符合《城镇道路养护技术规范》(CJJ 36) 的规定。养护时应及时清除表面存在的粘土类抛洒物。宜采用专用透水路面养护车对路面的堵塞物进行清除。

(5) 当降雨量大于设计降雨量后，应视情况对区域内积水进行清除。

(6) 应视需要定期清扫、吸尘来降低路面有机物含量进而限制杂草的生长，应尽量不使用除草剂去除杂草。

(7) 道路管理部门应限制渣土车、施工车等易产生细小颗粒物的车辆进入透水机动车道路面。

(8) 道路监管部门应禁止透水路面区域存放任何有害物质，防止地下水污染。

(9) 出现裂缝和集料脱落的面积较大时，必须进行维修。维修时，应先将路面疏松集料铲除，清洗路面去除孔隙内的灰尘及杂物后，方可进行新的铺装。

9.6.2 下沉式绿地

(1) 应对下沉式绿地进水口及溢流设施进行定期巡查，确认进水口可以有效收集其相应汇水区的地表径流，确认溢流口无堵塞或淤积现象。

(2) 进水口、溢流口因冲刷造成水土流失时，应设置碎石缓冲或采取其他防冲刷措施。

(3) 应对下沉式绿地的植物进行定期维护，保证植物覆盖率达 90%以上，清理枯死植物和杂草，并对植物进行定期修剪。

(4) 应持续保证下沉式绿地的调蓄空间，及时清理垃圾和泥沙；至少每年一次对下沉式绿地结构稳定性进行检测，及时加固或修复有坍塌风险的下沉式绿地边坡。

9.6.3 绿色屋顶

(1) 绿色屋顶排水层排水不畅时，应及时排查原因并修复。

(2) 绿色屋顶出现漏水时，应及时修复或更换防渗层。

(3) 应根据植物的生长状况，进行合理的灌溉，宜实现自动灌溉。

(4) 根据设计要求、不同植物的生长习性，适时或定期对植物进行修剪，移除自发生长的乔木和灌木，以免其根系会破坏屋顶的防水层。

(5) 应定期清除绿色屋顶表面的垃圾碎片，保证溢流口和雨水斗处无堵塞现象。

(6) 定期检查排水沟、水落口和检查井等排水设施，及时疏通排水管道。

(7) 应保持外露的给排水设施清洁、完整，冬季应采取防冻裂措施。

(8) 宜根据设计要求和景观效果，对绿色屋顶植被层进行除草和再种植。

(9) 植物病虫害防治应采用物理或生物防治措施，也可采用环保型农药防治。

(10) 种植屋面绿化养护管理应符合下列规定：

1) 种植屋面工程应建立绿化养护管理制度；

2) 定期观察、测定土壤含水量，并根据墒情灌溉补水；

3) 根据季节和植物生长周期测定土壤肥力，可适当补充环保、长效的有机肥或复合肥；

4) 定期检查并及时补充种植土。

(11) 宜每年进行两次土壤检测，以确保土壤条件适宜于植物的生长。

9.6.4 植草沟

(1) 植草沟内沉积物淤积导致过水不畅时，应及时清理垃圾与沉积物。

(2) 应对植草沟排水表面进行常规检查：包括清除杂物、障碍物或泥沙累积物；修复受冲刷或其他损伤的表面；更换和保养植物；去除入侵性非本地植物。

(3) 应每两年修剪一次植被草沟，防止木本植物的生长。

(4) 边坡出现坍塌时，应及时进行加固。

(5) 由于坡度较大导致沟内水流流速超过设计流速时，应增设档水堰或抬高档水堰高程。

9.6.5 植被缓冲带

(1) 应定期对植被缓冲带进行巡查，重点关注护岸的安全和稳定情况，发现问题应及时汇报和处理，尽快解决问题，避免产生严重后果。

(2) 加强对植被缓冲带范围内植物的维护和管理，定期对相关植物进行补植，确保植物覆盖率达到设计要求，特别关注使用年限与植物覆盖率相关的生态材料等。

(3) 每年应检修 2 次，植物生长季节应每月修剪 1 次。

9.6.6 生物滞留设施

(1) 生物滞留设施内沉积物淤积导致调蓄能力不足时，应及时清理沉积物。

(2) 生物滞留设施的边坡出现坍塌或植被缓坡因水土冲刷造成侵蚀，应进行加固或修复。

(3) 生物滞留设施的出水水质或污染物去除率不满足设计要求、或土壤层被有害物质污染时，应及时更换合适的土壤及材料；若积水超过 48h，应检查设施各部位堵塞情况。

(4) 每年应根据需要对设施内的植被进行修剪，更替枯死和入侵植被，修复被侵蚀和植被稀疏的区域。

(5) 种植土层被雨水径流冲蚀时应及时更换。

(6) 宜每年进行两次土壤检测，以确保土壤条件适宜于植物的生长。

(7) 汛期前，应对生物滞留设施及其周边的雨水口进行清淤维护；汛期中，应定期清除绿地上的杂物；应加强植物的维护管理，及时补种雨水冲刷造成的植物缺失。

(8) 大降雨事件后应对重点区域整体进行检查以保证设施不受侵蚀或过度积水，检查的区域主要包括：入口区和溢流区（防侵蚀）、蓄水区（垃圾清除）、出水口（防止出现死水现象）。

9.6.7 湿塘、调节塘、雨水湿地

(1) 应保证大降雨事件中产生的沉积物进入预处理设施，以降低渗透塘的维护频次，必要时对塘中沉积物进行清除。

(2) 前置塘/预处理池沉积物淤积超过 50%时，应及时清淤。

(3) 发现进水口、溢流口出现冲刷造成水土流失时，应设置碎石缓冲或采取其他防冲刷措施。

(4) 应及时清理缓冲区和边坡处的杂草以及垃圾碎片等。

(5) 应及时修复被侵蚀和贫瘠处的植物，以免侵蚀加剧，沉积物积累。同时，应及时发现并除去入侵物种。

(6) 护坡出现坍塌时应及时进行加固。

(7) 应定期检查泵、阀门等相关设备，保证其能正常工作。

(8) 每年应对管路和路堤检修 1~3 次，必要时进行管道替换；并根据实际需要清理池内淤积物。

9.6.8 调蓄池

(1) 应定期检查和清洁蓄水池（箱），每半年应对蓄水池（箱）进行 1 次清洗和消毒。

(2) 应定期检查进水管和溢流管的密闭性。

(3) 应定期检查蓄水池（箱）的结构防护措施是否完好、有无渗漏；泵、阀门等相关设备是否可正常运行。

(4) 应及时修复受损的蓄水池（箱）防误接、误用、误饮等的警示标识、护栏等安全防护设施及预警系统。

(5) 应在雨季前检查蓄水池（箱）的溢流系统和管路系统，保证其在雨季能正常运行。

10 监测评估

10.1 监测系统

10.1.1 海绵城市监测应以城市建成区为监测对象，可在城市建成区内选取典型排水分区进行监测，对涵盖源头、过程、末端的典型项目与设施、管网关键点及其对应的受纳水体进行系统监测。

典型排水分区、项目与设施的选择宜符合下列规定：

(1) 典型排水分区

面积宜为 $1\text{km}^2\sim 2\text{km}^2$ ，排放口或下游出口应自由出流且不易因潮水、洪水等形成倒灌，尽量避免选择易形成有压流的管段进行监测，管网长期淹没出流、泵站强排区域除外。

排水分区内海绵设施的汇水面积（超出设施所在项目用地范围的汇水面积不计入在内）占排水分区总面积的比例不应小于 40%。

(2) 典型项目

应位于所选典型排水分区内，根据建设目标、技术措施等，选择有代表性的典型项目进行监测。每类典型项目应选择 1~2 个监测项目，对接入市政管网、水体的溢流排水口或检查井处的排放水量、水质进行监测。所选典型排水分区内监测项目的下游有过程或末端集中调蓄项目时，还应对过程或末端集中调蓄设施进行监测。

项目内海绵设施服务的不透水下垫面面积与项目不透水下垫面总面积的比值不应小于 60%，且项目的年径流总量控制率设计值宜满足“我国年径流总量控制率分区图”所在区域规定取值范围。

(3) 典型设施

应位于所选监测项目内（也可单独对市政道路项目内的设施进行监测），且应包括生物滞留类设施等分散设施，所选典型监测项目内分散设施下游有雨水塘、合流制溢流调蓄池等相对集中的调蓄设施时，应同步对下游调蓄设施进行监测。

分散设施的汇水范围应清晰且宜为单一不透水下垫面（如仅为屋面或道路），设施的年径流总量控制率设计值宜满足“我国年径流总量控制率分区图”所在

区域规定取值范围。

10.1.2 应采取在线与人工监测相结合的方法，对水量（流量、水位、降雨量等）水质等进行同步监测；应充分收集利用水文水利、环保、气象等既有同步监测数据，避免重复监测。

10.1.3 宜在规划设计中考虑设备安装与人工采样的实施条件，监测设备的选择与安装应适应设施与排水管网的实际运行工况，应加强对监测设备的测试、校准、检查与维护，确保设备正常运行。

10.1.4 野外监测人员应提前获取天气预报信息，人员、设备等在降雨产流前应及时到位，自动监测设备应确保正常运行，水质样品采集后应详细记录、妥善保存并及时送检。

10.1.5 应做好野外监测人员培训，监测人员应了解监测方案和监测目标，熟悉监测点位、监测内容，熟练掌握监测方法、样品保存与送检等技术要求。

10.1.6 应对监测数据质量和数量进行校核，对数据质量和监测目标支撑度进行评估，确保监测数据真实、准确、完善。

10.2 实施效果评估

10.2.1 海绵城市建设效果评估应包括年径流总量控制率、年径流污染控制率、排水防涝标准、雨水资源利用率等基本内容的评估，有条件的可结合建设和维护费用进行投资效益分析。

10.2.2 海绵城市建设效果评估应将现场监测、模型算法、指标考核相结合，有条件的宜采用现场监测和模型算法，条件缺少的采用指标考核。

10.2.3 年径流总量控制率评估

（1）年径流总量控制率评估是指在规划实施或项目建成后，通过实测数据和分析计算，测算出通过自然和人工强化的入渗、滞留、调蓄和收集回用，场地内累计全年得到控制（不排入场地外）的雨水量占全年总降雨量的比例。

（2）汇水区清晰、内河出水口明确且具备现场监测条件的地块或项目，宜通过现场监测进行年径流总量控制率评估。有条件的单体设施，宜在设计和建设时考虑在出水口安装流量传感器，通过典型场次降雨监测，测算年径流总量控制率。

(3) 研究基础较好、数据资料积累较丰富的地块或项目，可采用模型算法进行年径流总量控制率评估。相关模型选取和参数取值应符合不同地块和项目的特点，通过数据收集、模型建立、参数率定、效果评估等步骤，计算年径流总量控制率。

(4) 研究基础较弱、数据资料积累较少的地块或项目，可采用指标考核进行年径流总量控制率评估。年径流总量控制率可分解至区域系统、建筑与小区系统、绿地系统、道路与广场系统、雨水系统分别进行指标评估。对照中山市海绵城市建设相关指标和目标，分别针对区域系统的绿地占建设用地比例、水面率，建筑与小区系统的集中绿地率、绿色屋顶率、透水铺装率、单位硬化面积蓄水量，绿地系统的建成区绿地率、居住区绿地率、保障房绿地率、公共建筑绿地率、重要功能区绿地率、工业园区绿地率、下沉式绿地率、绿色屋顶率、透水铺装率，道路与广场系统的绿地率（道路红线内）、人行道透水铺装率、停车场透水铺装率、广场透水铺装率，排水系统的河湖水系生态防护比例开展评估。

(5) 采用指标考核评估年径流总量控制率的同时，应根据住房城乡建设部《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建（试行）》和本导则相关设施规模计算方法，进行年径流总量控制率测算和复核。指标考核与控制率复核同时达标，则年径流总量控制率达标。

10.2.4 年径流污染控制率评估

(1) 年径流污染控制率以年径流污染物总量削减率作为评估指标。鉴于固体悬浮物（SS）多与其它污染物指标具有一定相关性，年径流污染物总量削减率以年固体悬浮物（SS）总量削减率计。

(2) 单体设施的年固体悬浮物（SS）总量削减率可将年径流总量控制率乘以设施对年固体悬浮物（SS）的平均削减率。设施对年固体悬浮物（SS）的平均削减率应通过现场监测得到。

(3) 区域的年固体悬浮物（SS）总量控制率，可通过不同区域、地块的年固体悬浮物（SS）总量控制率经年径流总量加权平均计算得出。有条件的区域、地块的年固体悬浮物（SS）总量控制率宜结合当地条件，进行监测分析后

得出。条件缺少的可参考《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建（试行）》和本导则提出的固体悬浮物（SS）控制率。

（4）基于年径流污染控制率和年径流总量控制率之间的关联性，也可以年径流总量控制率为基础评估年径流污染控制率。

10.2.5 排水防涝标准评估

- （1）排水防涝标准的评估应包括管网评估和综合防涝水平的评估。
- （2）管网评估和综合防涝水平的评估应按现有规范和标准的核算方法进行。
- （3）有条件的区域应采用模型算法进行核算。

10.2.6 雨水资源利用率评估

（1）雨水资源利用率是雨水利用总量占降雨量的百分比。雨水资源利用率评估主要包括雨水收集并用于道路浇洒、园林绿地灌溉、市政杂用、工农业生产、冷却等雨水总量的核算。

（2）雨水收集并用于道路浇洒的水量应根据用水计量设施进行统计，无计量设施的，可通过统计浇洒车辆容量和取水频次测算，企业内部道路浇洒可参照中山市相关用水定额等进行匡算，小区内部道路浇洒可参照《民用建筑节水设计标准》（GB 50555）等进行匡算。

（3）雨水收集并用于园林绿地灌溉的水量应根据用水计量设施进行统计，无计量设施的，可通过绿化灌溉用水定额匡算，企业内部绿化灌溉可参照中山市相关用水定额等进行匡算。

（4）其它用于市政杂用、工农业生产、冷却等雨水总量应根据用水计量设施进行统计，无计量设施的，可通过中山市相关用水定额等进行匡算。

（5）利用雨水进行景观水体补水的水量应计入雨水利用总量，可采用水量平衡法进行测算。

11 附录

附录一：编制依据

(1) 政策文件及相关规划

《中华人民共和国水法》（中华人民共和国主席令第七十四号）

《中华人民共和国防洪法》（2016年修正版）

《中华人民共和国水污染防治法》（中华人民共和国主席令第八十七号）

《中华人民共和国城乡规划法》

《中华人民共和国环境保护法》

《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》（国发〔2013〕23号）

《国务院办公厅关于加强城市基础设施建设意见》（国发〔2013〕36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加快推进生态文明建设的意见》（2015年4月）

《城市规划编制办法》（中华人民共和国建设部令第146号）

住房和城乡建设部、环境保护部《城市黑臭水体整治工作指南》（2015年8月）

《住房和城乡建设部关于印发城市排水（雨水）防涝综合规划编制大纲的通知》（建城〔2013〕98号）

《城镇排水与污水处理条例》（国务院令第641号）

《住房和城乡建设部关于印发海绵城市专项规划编制暂行规定的通知》（建规〔2016〕50号）

《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建（试行）》（住建部，2014年）

《住房和城乡建设部办公厅关于印发海绵城市建设绩效评价与考核办法（试行）的通知》（建办城函〔2015〕7635号）

《关于进一步明确海绵城市建设工作有关要求的通知》（建办城〔2022〕17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）

《中山市海绵城市规划建设管理办法（试行）》（中府〔2021〕146号）

《中山市海绵城市规划设计导则（试行）》

《中山市海绵城市规划要点和审查细则（试行）》

《中山市绿化工程设计导则》

《中山市海绵城市建设实施方案（2021-2025）》

《中山市海绵城市专项规划》

《中山市城市排水（雨水）防涝综合规划（2018-2035）修编》

《中山市城市绿地系统规划（2011-2020）》

《中山市市域蓝线规划（2020-2035）》

《中山市系统化全域推进海绵城市建设示范城市实施方案》

《中山市海绵城市建设专项规划（2022-2035）》

（2）规范标准

《海绵城市建设评价标准》（GB/T 51345）

《地表水环境质量标准》（GB 3838）

《室外排水设计标准》（GB 50014）

《建筑给排水设计标准》（GB 50015）

《城镇雨水调蓄工程技术规范》（GB51174）

《地下工程防水技术规范》（GB 50108）

《公园设计规范》（GB51192）

《城市绿地设计规范》（GB 50420）

《防洪标准》（GB 50201）

《城市防洪工程设计规范》（GB/T 50805）

《城市水系规划规范》（GB 50513）

《河道整治设计规范》（GB 50707）

《城乡建设用地竖向规划规范》（CJJ 83）

《建筑与小区低影响开发技术规程》（T/CECS 469）

《给水排水构筑物施工及验收规范》（GB 50141）
《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB 50204）
《建筑中水设计规范》（GB 50336）
《屋面工程技术规范》（GB 50345）
《建筑与小区雨水利用技术规范》（GB 50400）
《民用建筑节能设计标准》（GB 50555）
《坡屋面工程技术规范》（GB 50693）
《城市道路工程设计规范》（CJJ 3713）
《透水水泥混凝土路面技术规程》（CJJ/T 1355）
《透水砖路面技术规程》（CJJ/T 188）
《透水沥青路面技术规程》（CJJ/T 190）
《透水性水泥混凝土人行道应用技术规程》（SZ-C-B 06）
《城镇道路路面设计规范》（CJJ 169）
《园林绿化工程施工及验收规范》（CJJ 82）
《绿化种植土壤》（CJ/T 340）
《种植屋面工程技术规程》（JGJ 155）
《河湖生态保护与修复规划导则》（SL 709）
《人工湿地污水处理工程技术规范》（HJ 2005）
《污水综合排放标准》（DB 31/199）

附录二：相关基础资料

(1) 中山市降雨资料

根据《中山市暴雨强度公式修编》(2014)中对雨峰系数的研究,中山市雨峰系数 r 取 0.4。利用最新版的中山市暴雨强度公式推求不同重现期下的设计雨量,依据芝加哥雨型方法得到历时 120min 降雨的强度分布情况。

各重现期下历时 120min 暴雨过程的累积雨量和各时段平均强度

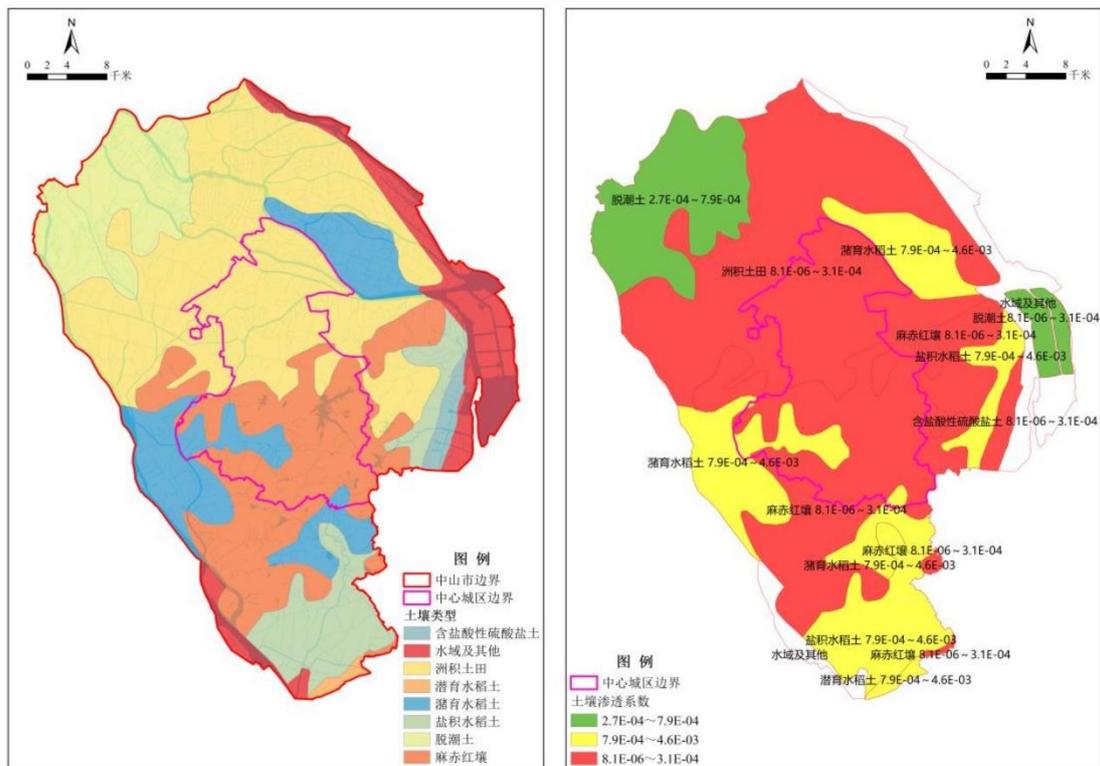
| 历时 (min) | 2a | | 3a | | 4a | | 10a | |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 累积 雨量 | 平均 强度 | 累积 雨量 | 平均 强度 | 累积 雨量 | 平均 强度 | 累积 雨量 | 平均 强度 |
| 5 | 1.65 | 0.33 | 1.75 | 0.35 | 1.87 | 0.37 | 2.04 | 0.41 |
| 10 | 3.42 | 0.35 | 3.62 | 0.38 | 3.88 | 0.40 | 4.23 | 0.44 |
| 15 | 5.35 | 0.38 | 5.66 | 0.41 | 6.06 | 0.44 | 6.61 | 0.48 |
| 20 | 7.46 | 0.42 | 7.91 | 0.45 | 8.47 | 0.48 | 9.24 | 0.53 |
| 25 | 9.82 | 0.47 | 10.42 | 0.50 | 11.17 | 0.54 | 12.20 | 0.59 |
| 30 | 12.54 | 0.54 | 13.31 | 0.58 | 14.28 | 0.62 | 15.60 | 0.68 |
| 35 | 15.79 | 0.65 | 16.77 | 0.69 | 18.01 | 0.75 | 19.71 | 0.82 |
| 40 | 19.98 | 0.84 | 21.25 | 0.90 | 22.85 | 0.97 | 25.04 | 1.07 |
| 45 | 26.44 | 1.29 | 28.18 | 1.38 | 30.36 | 1.50 | 33.35 | 1.66 |
| 50 | 41.13 | 2.94 | 43.86 | 3.14 | 47.30 | 3.39 | 51.99 | 3.73 |
| 55 | 50.38 | 1.85 | 53.78 | 1.98 | 58.06 | 2.15 | 63.89 | 2.38 |
| 60 | 56.16 | 1.16 | 59.98 | 1.24 | 64.77 | 1.34 | 71.31 | 1.49 |
| 65 | 60.56 | 0.88 | 64.68 | 0.94 | 69.86 | 10.2 | 76.92 | 1.12 |
| 70 | 64.19 | 0.73 | 68.56 | 0.77 | 74.04 | 0.84 | 81.52 | 0.92 |
| 75 | 67.32 | 0.63 | 71.90 | 0.67 | 77.64 | 0.72 | 85.47 | 0.79 |
| 80 | 70.11 | 0.56 | 74.86 | 0.59 | 80.83 | 0.64 | 88.97 | 0.70 |
| 85 | 72.63 | 0.50 | 77.54 | 0.54 | 83.71 | 0.58 | 92.12 | 0.63 |
| 90 | 74.94 | 0.46 | 80.00 | 0.49 | 86.35 | 0.53 | 95.01 | 0.58 |
| 95 | 77.09 | 0.43 | 82.28 | 0.46 | 88.79 | 0.49 | 97.69 | 0.53 |
| 100 | 79.10 | 0.40 | 84.41 | 0.43 | 93.08 | 0.46 | 110.19 | 0.50 |
| 105 | 81.00 | 0.38 | 86.42 | 0.40 | 93.23 | 0.43 | 102.54 | 0.47 |
| 110 | 82.79 | 0.36 | 88.32 | 0.38 | 95.27 | 0.41 | 104.76 | 0.44 |
| 115 | 84.50 | 0.34 | 90.13 | 0.36 | 97.20 | 0.39 | 106.87 | 0.42 |
| 120 | 86.13 | 0.33 | 91.86 | 0.35 | 99.05 | 0.37 | 108.88 | 0.40 |

(2) 中山市土壤资料

中山市土壤从大的土类归纳，主要有麻赤红壤、含盐酸性硫酸盐土、洲积土田、潜育水稻土、潜育水稻土、盐积水稻土、脱潮土等 7 个亚类。土壤渗透系数如下表所示：

中山市土壤类型及渗透系数统计表

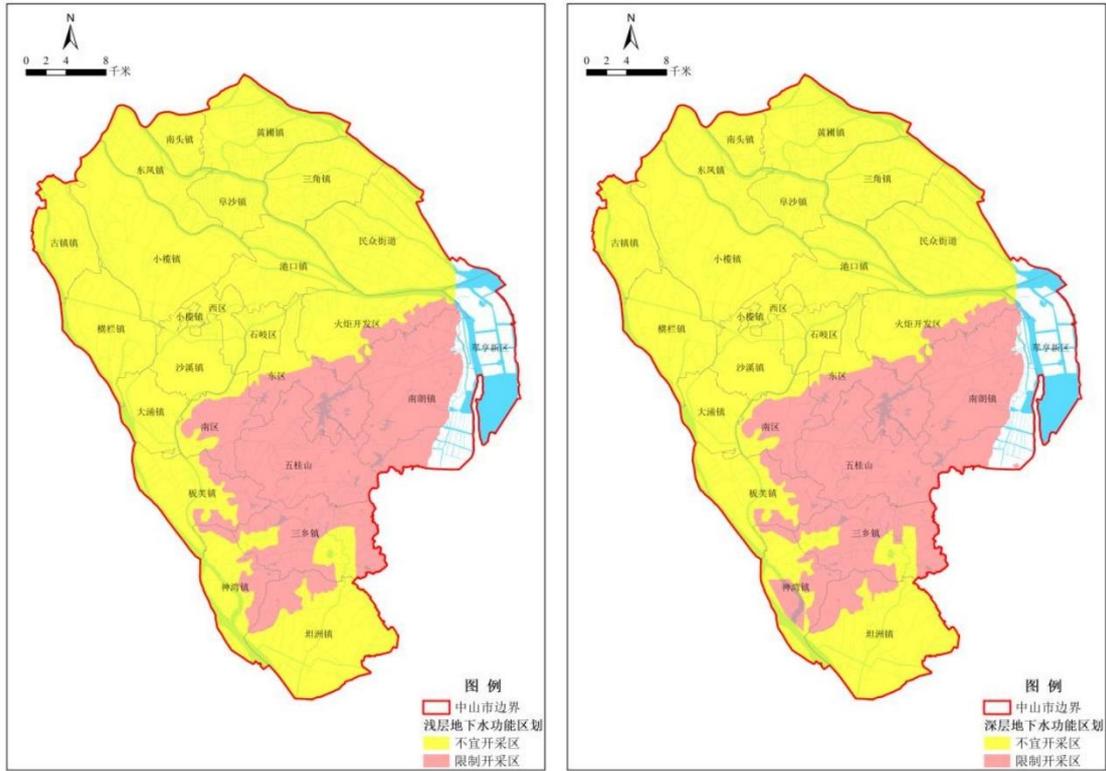
| 序号 | 土壤名称 | 渗透系数 (cm/s) | 透水性 |
|----|----------|--|-------|
| 1 | 麻赤红壤 | $8.1 \times 10^{-6} \sim 3.1 \times 10^{-4}$ | 较低-中等 |
| 2 | 含盐酸性硫酸盐土 | $8.1 \times 10^{-6} \sim 3.1 \times 10^{-4}$ | 较低-中等 |
| 3 | 洲积土田 | $8.1 \times 10^{-6} \sim 3.1 \times 10^{-4}$ | 较低-中等 |
| 4 | 潜育水稻土 | $7.9 \times 10^{-4} \sim 4.6 \times 10^{-3}$ | 较高 |
| 5 | 潜育水稻土 | $7.9 \times 10^{-4} \sim 4.6 \times 10^{-3}$ | 较高 |
| 6 | 盐积水稻土 | $7.9 \times 10^{-4} \sim 4.6 \times 10^{-3}$ | 较高 |
| 7 | 脱潮土 | $2.7 \times 10^{-4} \sim 7.9 \times 10^{-4}$ | 中等-较高 |



中山市土壤类型分布图（左）土壤渗透系数分布图（右）

(3) 中山市地下水资料

中山市地下水类型主要为松散岩类孔隙水和块状岩类裂隙水两大类。中山市地下水位普遍较高，约为 1.0m~1.5m。



(注：资料来源《中山市地下水功能区划》、《中山市 2021 年水资源公报》)

中山市浅层地下水（左）与深层地下水（右）功能区划图

附录三：中山市相关植物名录

（1）植物选择一般性原则

1) 植草沟、下沉式绿地、植被缓冲带的植物选择

① 应选用恢复力较强，并能在薄砂和沉积物堆积的环境中生长的植被；

② 植物应比较坚韧，密度或叶面积要大，能经受周期性的潮湿和短时间淹没浸泡；

③ 尽量选择适宜中山当地生长且需肥少的草种。

2) 雨水花园的植被选择

① 种植在雨水花园的植物应是多年生的，尽量选择一些四季性的植物，如灌木、草、藤类植物等；

② 尽量选择在水中浸泡 48h 仍能存活且耐淹的植物；

③ 植物根系须发达、净化能力强；

④ 种植区（蓄水区、缓冲区和边缘区配植考虑不同植物的耐水、耐污耐盐特性）。

3) 绿色屋顶的植被选择

① 植物根系的长度不能超过种植土层厚度，受到屋顶的承载力和成本的限制，需要选择根系较浅的植物；

② 绿色屋顶位于高处暴露区域，应选择抗风能力强的植物；

③ 尽量选择抗旱能力强、不需要经常修剪、抗性强的植物。

4) 雨水湿地、湿塘

① 雨水湿地及湿塘作为开放式水体，水体中可根据不同的水深种植不同种类的水生植物，构成植物群落，根据景观及净化要求确定植物分布；

② 根据中山当地情况选择具有地域特点的当地水生植物，水体各植物带应将几种植物进行合理搭配，避免单一；

③ 一般使植物覆盖率（包括湿地中植物）达到 30%左右，可根据具体水质进行适当调整；

④ 雨水湿塘应选择能抵御周期性的水淹并可在长期干旱条件下良好生长的水陆两栖类植物。

(2) 海绵设施推荐植物种类

中山市海绵设施植物选用表

| 序号 | 植物类型 | 植物品种选型 |
|----|------|--|
| 1 | 乔木 | 海南红豆、樟、白兰、大叶紫薇、凤凰木、麻楝、罗汉松、乌墨（海南蒲桃）、小叶紫薇、水翁、观光木、火力楠、蒲桃（水蒲桃）、苦楝、血桐、荔枝、龙眼、杧果、海杧果、木棉、人面子、黄兰、阴香、乐昌含笑、落羽杉、池杉、竹柏、深山含笑、土沉香、油茶、和顺树（竹节树）、尖叶杜英、黄槿、秋枫、红花羊蹄甲、洋紫荆、腊肠树、水黄皮、蒲葵、木麻黄、红花荷、枫香、梅花、杨梅、榕树、菠萝蜜、幌伞枫、朴树、九里香、铁冬青、橄榄、桂花等 |
| 2 | 灌木 | 小叶紫薇、马尾铁、南天竹、鹅掌柴、吊灯、扶桑、狗牙花、夹竹桃、勒杜鹃、木芙蓉、软枝黄蝉、四季桂、栀子、海桐、红果仔、红桑、黄金榕、黄金叶、金边虎尾兰、毛杜鹃、九里香、米仔兰、朱蕉、棕竹、山茶、龙柏、罗汉松、山指甲、桃花、黄金间碧竹、青皮竹、佛肚竹、小琴丝竹等 |
| 3 | 地被 | 福建茶、红果仔、毛杜鹃、黄金榕、黄金叶、九里香、米仔兰、黄婵、美人蕉、春羽、大叶蚌兰、冷水花、花叶良姜、红背桂、金脉爵床、红桑、桃金娘、麦冬、满天星、射干、肾蕨、文殊兰、银边草、水鬼蕉（蜘蛛兰）、紫背竹芋、白蝴蝶、驳骨丹、龙吐珠等 |
| 4 | 水生植物 | 华夏慈姑、风车草、莲（荷花）、芦苇、菖蒲、睡莲等 |

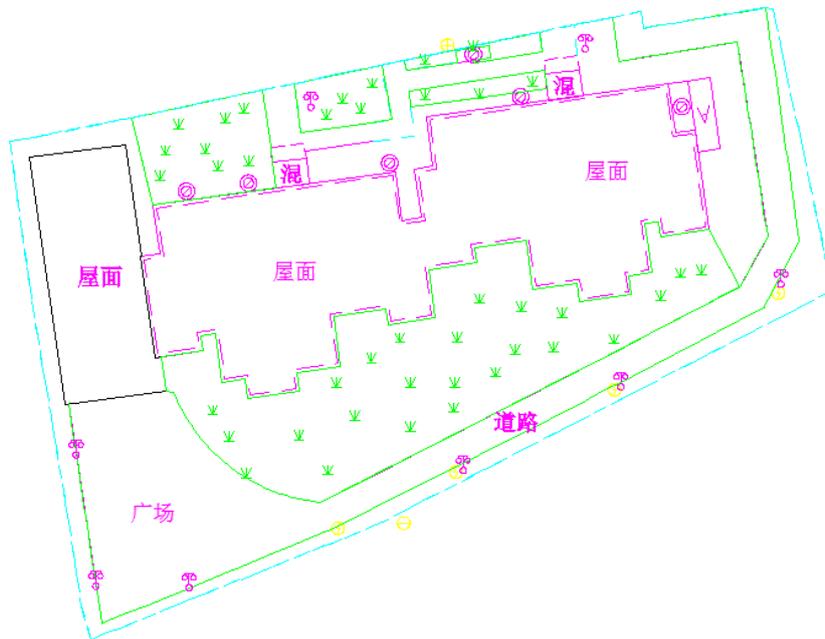
附录四：具体项目年径流总量控制率计算案例

(1) 容积法设计案例

当以径流总量控制为目标，地块内各海绵设施的设计调蓄容积之和，即总调蓄容积，一般不低于该地块“单位面积控制容积”的控制要求。本导则以某建筑小区案例为例进行说明。

某建筑小区改造项目，整体地势较为平坦。

现状情况：总建筑用地面积：2016m²，其中，绿化面积为 518m²，道路及广场铺装面积为 808m²，屋顶面积为 689m²，小区现状雨水无法进入绿地。

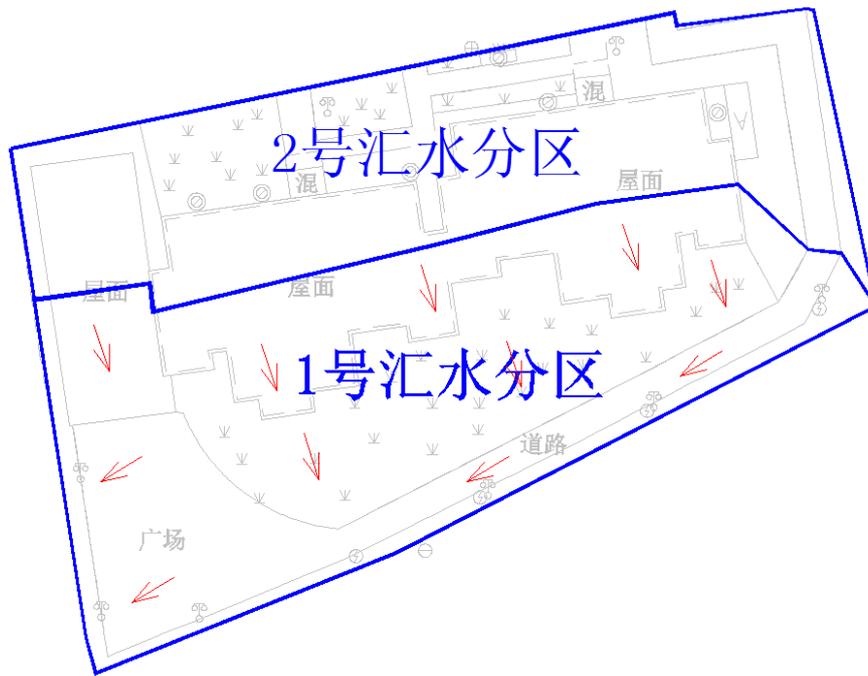


某建筑小区平面布置图

设计目标：年径流总量控制率 75%，对应的设计降雨量为 29.7mm。

设计过程：

步骤 1：依据现状地形标高进行汇水分区的划分。将地块详细划分为 2 个汇水分区，将雨水径流分区域进行控制。



划定汇水分区及径流流向示意图

步骤 2：通过综合雨量径流系数的方法计算每个汇水分区所需的调蓄容积。

需要加以说明的是，此雨量径流系数应是在通过海绵化改造后的下垫面基础上进行加权计算的，即先拟定一个绿色屋顶、透水铺装等的布局方案后，再计算整个汇水分区的综合雨量径流系数。这是因为，透水铺装和绿色屋顶等措施在本计算规则内仅对综合雨量径流系数的减小有贡献，但其结构内部的空隙容积不再计入总的调蓄容积；而普通绿地改造为下沉式绿地或雨水花园等，不影响其径流系数的取值，但可增加场地的调蓄容积。

以 1 号汇水分区为例，先计算拟改造后的综合雨量径流系数指标。其中，各类下垫面拟改造的面积依据下垫面的老旧等实际情况确定具体规模。

1 号汇水分区面积为 1194.47m^2 。初步改造方案为：（1）将屋面的 40%改造为绿色屋顶；（2）将广场改造为透水铺装。改造后的下垫面类型包括建筑硬化屋顶、绿色屋顶、绿地、不透水铺装、透水铺装等，分别确定各类下垫面的综合雨量径流系数取值，然后进行加权平均，求得拟改造后的汇水分区综合雨量径流系数。具体计算过程如下表所示。

1号汇水分区改造后的综合雨量径流系数

| 下垫面类型 | 编号 | 面积 (m ²) | 综合径流系数取值 |
|-------|--|----------------------|----------|
| | | A | φ |
| 硬质屋面 | 1 | 165.11 | 0.85 |
| 绿化屋面 | 2 | 110.07 | 0.35 |
| 绿地 | 3 | 388.17 | 0.15 |
| 不透水路面 | 4 | 326.82 | 0.85 |
| 透水铺装 | 5 | 204.30 | 0.20 |
| 合计 | | 1194.47 | |
| 径流系数 | $(A1 \times \phi1 + A2 \times \phi2 + A3 \times \phi3 + A4 \times \phi4 + A5 \times \phi5) / (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) = 0.465$ | | |

1号地块在拟改造后的雨量综合径流系数为 0.465，则需要的调蓄容积计算过程如下表所示。

1号汇水分区设计调蓄容积计算

| 面积 (m ²) | 改造前径流系数 | 改造后径流系数 | 年径流总量控制率 | 设计降雨量 (mm) |
|----------------------|---------|---------|----------|------------|
| 1194.47 | 0.623 | 0.465 | 75% | 29.7 |

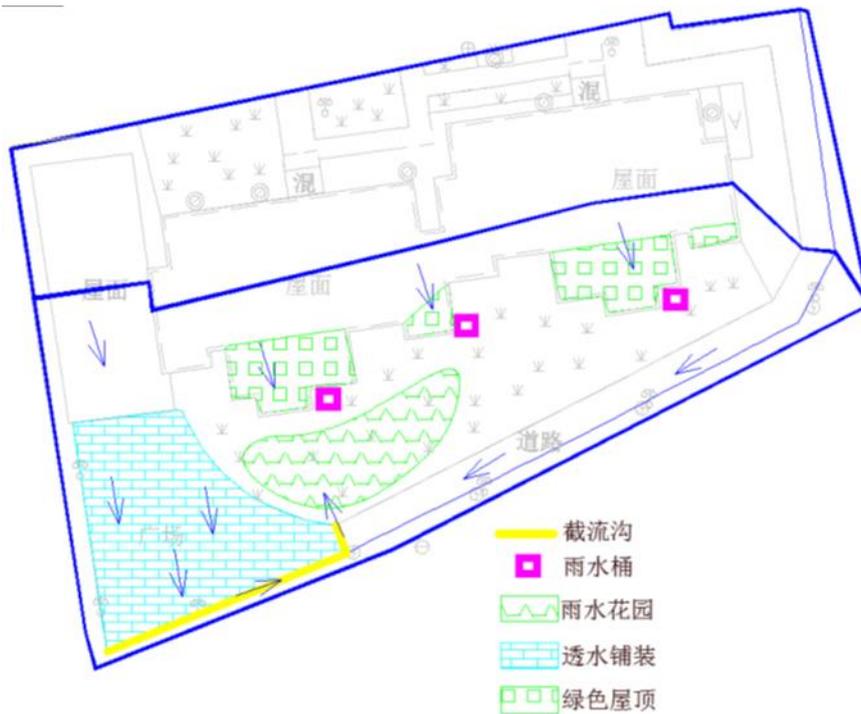
$$\text{设计调蓄容积} = 10 \times 1194.47 \times 0.465 \times 29.7 / 10000 = 16.50 \text{m}^3$$

即，为消纳在设计降雨量条件下产生的所有雨水，1号地块应设置不小于 16.50m³的调蓄容积。

设置雨水桶 3 个，连接雨落管收集屋面径流雨水， $3 \times 12 = 6 \text{m}^3$ 。

设置雨水花园 70m²，收集道路及广场径流雨水， $70 \times 0.15 = 10.5 \text{m}^3$ 。具体方案为通过在道路设置横向截流沟收集道路和广场径流引入绿地雨水花园进行处理。

则本地块内海绵设施总体布局如下图所示。



1号汇水分区海绵设施布局

步骤 3：重复以上计算过程，详细计算 2 号汇水分区调蓄容积，并完成各个地块各类设施布置。最终形成如下表所示的调蓄容积。

各汇水分区调蓄容积

| 分区编号 | 汇水面积 (m ²) | 设计调蓄容积 (m ³) | 实际调蓄容积 (m ³) |
|------|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 1194.47 | 16.50 | 16.50 |
| 2 | 822.15 | 11.35 | 11.75 |
| 合计 | 2016.62 | 27.85 | 30.04 |

经核算，实际调蓄容积为 27.85m³，实际可控制 30.04mm 的雨水，年径流总量控制率 75.4%，达到设计目标。

步骤 4：完成项目全部分区设施布局及调蓄类设施规模计算。

各类设施面积及调蓄容积汇总

| 设施类型 | 设施规模 | 调蓄统计 (m ³) |
|------|-------------------|------------------------|
| 雨水花园 | 105m ² | 15.75 |
| 雨水桶 | 6 个 | 12 |
| 透水铺装 | 398m ² | — |
| 绿化屋顶 | 270m ² | — |
| 合计 | | 27.85 |

较大面积的下沉式绿地，当受地形影响（如坡度较大）和汇水面竖向条件限制，往往无法发挥径流总量削减的作用，其实际调蓄容积远远小于其设计调蓄容积，一般不将其计入总调蓄容积。此外，无法有效收集汇水面径流雨水的

设施，其具有的调蓄容积也不应计入总调蓄容积内。

本案例为建筑与小区改造案例，可以选择使用的设施种类有限，在新建项目、城市道路、公园与广场的设计过程中，可以因地制宜选择更多的设施，计算方法类似。

(2) 模型法设计案例

以模型为工具对径流总量控制为目标的项目方案进行设计，其方法及原理主要为按照设计方案构建模型，选用合理的参数、降雨输入模型，进行模拟，统计分析降雨量和径流量，计算得出项目年径流总量控制率。本导则以某商务中心为例进行说明。

该项目用地面积为 162715m²，目前建设已完成，结合现状情况进行海绵城市改造。

现状情况：项目现状主要以路面和绿地为主，分别占总面积的 35%和 52%，可考虑在广场和绿地内设置适量的透水铺装、下沉式绿地、植草沟等海绵设施。

下垫面解析一览表

| 下垫面类型 | 平面屋顶 | 坡面屋顶 | 铺装 | 道路 | 绿化 | 总计 |
|----------------------|-------|------|-------|-------|-------|--------|
| 面积 (m ²) | 14729 | 6685 | 38961 | 18121 | 84219 | 162715 |
| 面积比例 (%) | 9.1 | 4.1 | 23.9 | 11.1 | 51.8 | 100 |

项目海绵城市建设工程主要改变传统雨水排水方式，新建植草沟、下沉式绿地、透水铺装、卵石沟、渗排一体化等雨水收集、存储设施，将现状雨水口改成环保雨水口，同时也利用传统雨水系统进行雨水的溢流排放和错峰排放。

设计目标：年径流总量控制率 75%，对应的设计降雨量为 29.7mm。也就是说，即单位建设用地面积具备 29.7mm 雨水径流滞蓄空间。

模拟分析过程：

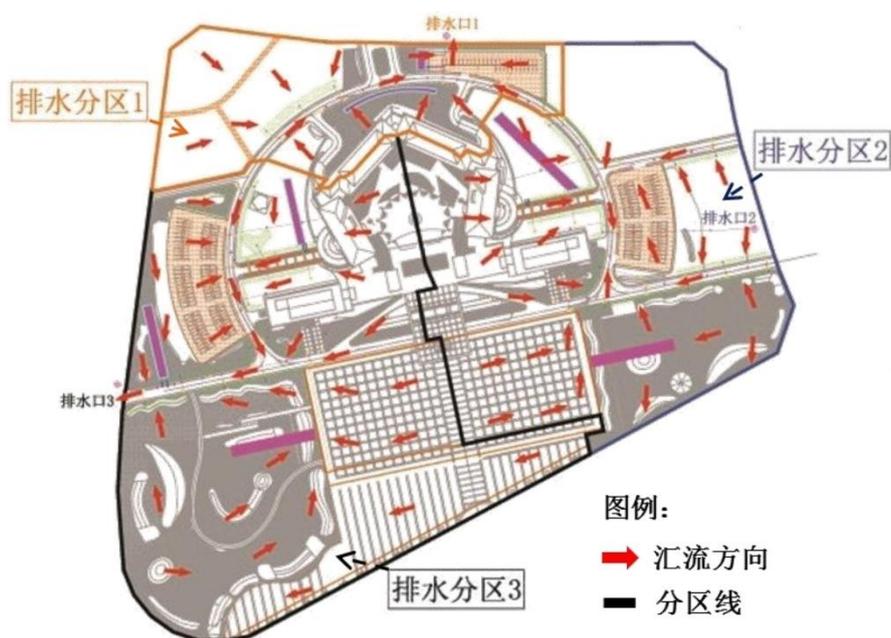
步骤 1：依据现状地形标高进行汇水分区的划分。项目的海绵城市建设以滞留、净化、存储为主。通过植草沟、渗透渠、下沉式绿地、透水铺装、卵石沟和渗排一体化等设施重新构建排水系统，共有 3 个总排水出口，外接市政管网。其排水分区和流向具体见排水分区和流向图，具体海绵设施布置见海绵设施分布图，分区内设计的设施方案具体如下：

一分区面积为 25349m²，海绵设施面积为 3969m²，占分区一总面积的

15.7%。布置海绵设施包括：透水铺装、下沉式绿地、渗透渠和植草沟，面积分别为 2358m²、398m²、1110m²和 103m²；

二分区面积为 60701m²，海绵设施面积为 5694m²，占分区二总面积的 9.4%。布置海绵设施包括：卵石沟、透水铺装、渗透渠、渗排一体化设施和植草沟，面积分别为 440m²、3305m²、480m²、504m²和 965m²；

三分区面积为 76665m²，海绵设施面积为 9402m²，占分区三总面积的 12.3%。布置海绵设施包括：透水铺装、下沉式绿地、渗透渠、渗排一体化设施和植草沟，面积分别为 6377m²、334m²、685m²、504m²和 1502m²。



排水分区和流向图



海绵设施分布图

步骤 2：确定雨水控制流程。海绵城市建设以滞留、净化、存储为主，雨水主要流向如下：

1) 建筑屋顶

屋面散排→建筑边沟→雨水管→绿地→渗透渠

2) 道路雨水

根据现状道路的雨水口改造成环保雨水口，达到净化作用。

现状道路沿线路缘石更换。

3) 停车场

采用透水铺装，雨水渗透为主，暴雨时可通过溢流口溢流至管网系统。

雨水流向：停车场雨水→透水铺装入渗→市政雨水管道。

4) 广场

在办公区域广场两侧的草地设置植草沟，广场内设置透水铺装，通过现状排水沟引入渗透渠等设施。

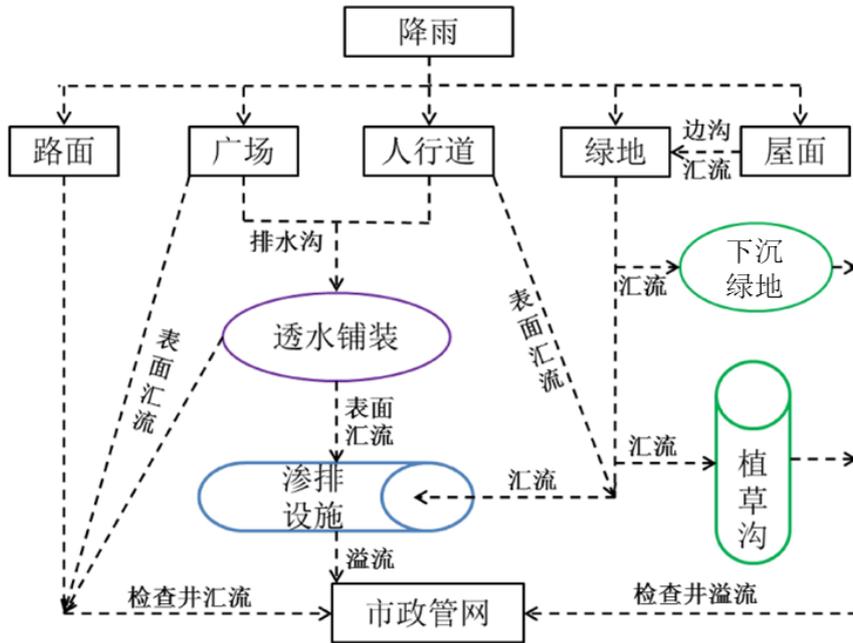
雨水流向：广场雨水→排水沟+透水铺装→渗透渠、渗排一体化设施、卵石沟。

5) 绿地

采用渗透渠、植草沟和下沉式绿地，通过收集人行道和绿地雨水进行下渗

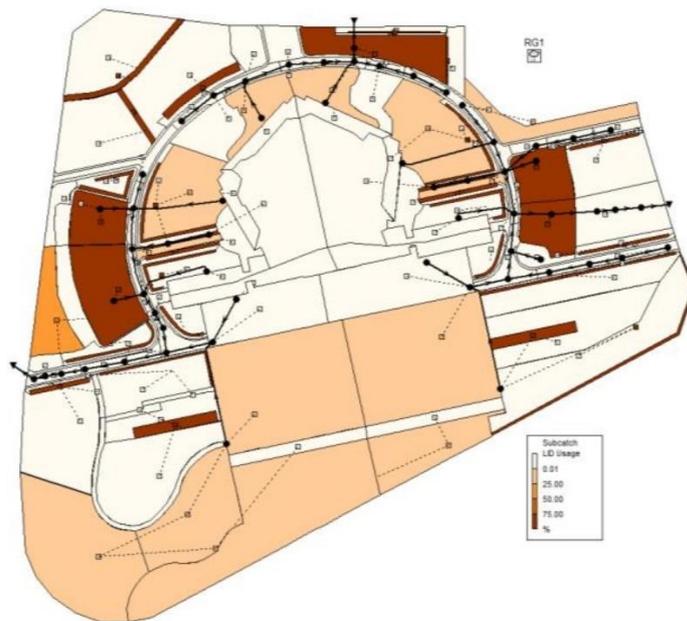
和输送至雨水管网。

雨水流向：人行道和绿地雨水→渗透渠、渗排一体化设施、卵石沟、植草沟和下沉式绿地→市政雨水管道。



雨水流向示意图

步骤 3：模型构建。采用 EPA-SWMM 模型进行模拟计算。构建项目水力模型，建模面积约 201107.48m²（含市政道路面积），子汇水区 208 个，管渠 170 段，节点 162 个，排出口 11 个。



项目 SWMM 模型界面

1) 蒸发量参数

模型中蒸发量的设定方式包括恒定值（外部输入蒸发量数值）、通过时间序列计算日蒸发量和外部输入的降雨数据中的温度计算蒸发量。本项目选用外部直接输入恒定值的方式，按区域的月平均蒸发数据设定，经计算蒸发量输入值如下表所示。

项目所在地各月平均蒸发量

| 月份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 蒸发量 (mm/d) | 0.75 | 1.17 | 1.98 | 3.23 | 4.13 | 3.85 | 4.58 | 4.58 | 2.89 | 1.64 | 1.12 | 0.67 |

2) 子汇水区参数

每个子汇水区都需要输入的参数有：子汇水区面积（Area）、汇水宽度（Width）、不透水率（% Imperv）、坡度（% Slope）、透水区域和不透水区域汇流的曼宁系数（N-imperv 和 N-perv）、透水地表和不透水地表的洼地蓄水量（Des-imperv 和 Des-perv）、无洼蓄不透水面积率（% Zero-Imperv）以及透水地表的入渗模型。入渗模型采用 Horton 渗透模型，主要参数包括最大入渗量（Max.Infil）、最小入渗量（Min.Infil）、衰减常数（Decay Constant）和排干时间（Drying Time）。

子汇水区水文参数值（需结合本地特点率定参数值）

| 曼宁粗糙系数 | | 地表洼蓄量参数 | | |
|---------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------|--------------------|
| N-imperv | N-perv | Des-imperv (mm) | Des-perv (mm) | Zero-Imperv (%) |
| 0.013 | 0.24 | 1.27 | 3.18 | 25 |
| Horton 渗透模型 | | | | |
| Max.Infil (mm/h) | Min.Infil (mm/h) | Decay Constant (h ⁻¹) | | Drying Time (d) |
| 220 | 4.5 | 4.14 | | 5 |

3) 水力参数

水力参数主要是排水管网特性参数，包括管道曼宁系数、管道属性参数和节点属性参数。项目范围内的雨水管渠既有圆管又有明渠，管渠属性直接根据管网设计资料取值，管长和渠长由模型自动测量工具获取，管渠的曼宁系数根据手册经验值取得为 0.013，另外，项目范围内的检查井节点属性直接由管网设计资料取得。

4) LID 参数

模型的海绵设施参数基于实际设计规格和手册资料典型值而确定。其中，设施的尺寸大小及各层的厚度按照实际设计规格取值，而其余参数根据典型值而定，具体参数内容如下所示：

① 透水铺装

透水铺装设施主要有停车场的透水路面和透水铺装，组成主要包括表面层、路面层和砾石层，采用 SWMM 模型中透水铺装（Porous Pavement）表示。其中，停车场的透水路面层厚度为 80mm，孔隙度为 0.1，渗透率为 250mm/h，砾石层厚度为 150mm，孔隙率为 0.3；透水铺装面层厚度为 65mm，孔隙度为 0.1，渗透率为 250mm/h，砾石层厚度为 500mm，孔隙率为 0.3。

② 下沉式绿地

下沉式绿地采用 SWMM 模型中生物滞留网格（Bio-retention）表示，主要包含表面层和土壤层。其中，表面层厚度为 150mm（即下沉深度取 150mm）；土壤层厚度为 600mm，孔隙度为 0.15，导水率为 10mm/h。

③ 植草沟

植草沟采用 SWMM 模型中生物滞留网格（Bio-retention）表示，主要包含表面层、土壤层和砾石层。其中，表面层厚度为 150mm；土壤层厚度为 200mm，孔隙度为 0.15，导水率为 10mm/h；砾石层厚度为 300mm，孔隙率为 0.3。

④ 渗排一体化设施

渗排一体化设施主要包括表面层和砾石层，采用 SWMM 模型中渗渠（Infiltration Trench）表示。其中，表面层厚度为 150mm；砾石层厚度为 600mm，孔隙率为 0.3。

⑤ 卵石沟

卵石沟类似于渗排渠的结构，也包括表面层和砾石层，采用 SWMM 模型中渗渠（Infiltration Trench）表示。其中，表面层厚度为 200mm；砾石层厚度为 600mm，孔隙率为 0.3。

步骤 4：模拟降雨的选择。采根据年径流总量控制率定义，使用模型对年

径流总量控制率进行模拟评价时，应使用不少于一年的降雨进行模拟，降雨数据时间间隔不满足至少 10min 间隔的要求。

本项目采用收集到近 10 年（2012-2021 年）连续日降雨量，为满足要求，根据降雨时程分布曲线，将日降雨分配为时降雨。

步骤 5：模拟分析结果。采模型构建完成后，输入降雨数据进行模拟分析。采用 10 年连续降雨数据进行模型模拟，模拟结果具体如下表。

模型系统模拟结果

| 降雨类型 | 总降雨量 (mm) | 总蒸发量 (mm) | 总入渗量 (mm) | 总蓄水量 (mm) | 总排放量 (mm) | 年均径流总量控制率 (%) |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|
| 10 年连续降雨 (2012-2021 年) | 9910.9 | 916.6 | 6882.3 | 3.5 | 2092.1 | 76.1 |

经模型分析评估，项目在 10 年连续降雨模拟下的年均径流总量控制率为 76.1%，该海绵城市设计方案达到 75%的控制目标。