

海南省海绵城市规划设计导则（试行）

海南省住房和城乡建设厅

深圳市城市规划设计研究院有限公司

海南省建筑设计院

2017 年 12 月

项目名称: 海南省海绵城市规划设计技术导则
项目编号: 2016K67
委托单位: 海南省住房和城乡建设厅
编制单位: 深圳市城市规划设计研究院有限公司
设计证书号: [建]城规编第 (141197)
院长: 司马晓 教授级高级规划师
总规划师: 吴晓莉 教授级高级规划师
部门负责人: 丁年 教授级高级规划师
项目负责人: 俞露 高级工程师
编制人员: 张亮、郭秋萍、孙静、李冰、曾小瑱、谢家强、房静思

广东省城市规划设计出图专用章
单位名称: 深圳市城市规划设计研究院有限公司
业务范围 业务范围不受限制
有效期至 2019年06月30日

城乡规划编制资质证书:



项 目 名 称: 海南省海绵城市规划设计技术导则

项 目 编 号: 2017B004

委 托 单 位: 海南省住房和城乡建设厅

编 制 单 位: 海南省建筑设计院

设 计 证 书 号: [建]城规编第 (141239)

院 长: 任学斌 教授级高级工程师

总 工 程 师: 张元平 教授级高级工程师

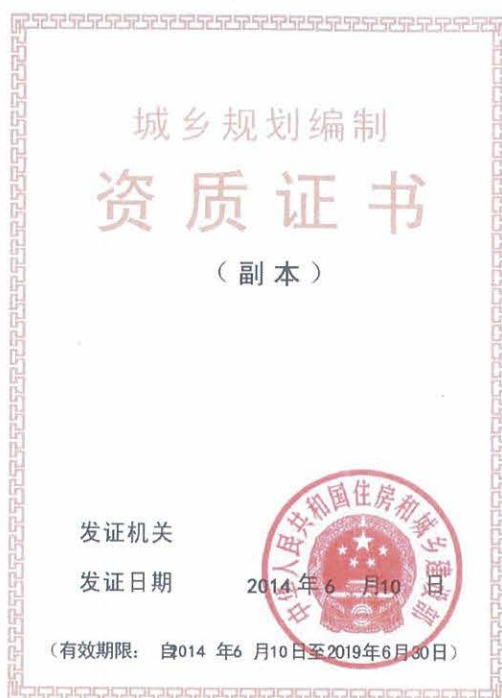
部 门 负 责 人: 郑建宇 教授级高级工程师

项 目 负 责 人: 林 飞 教授级高级工程师

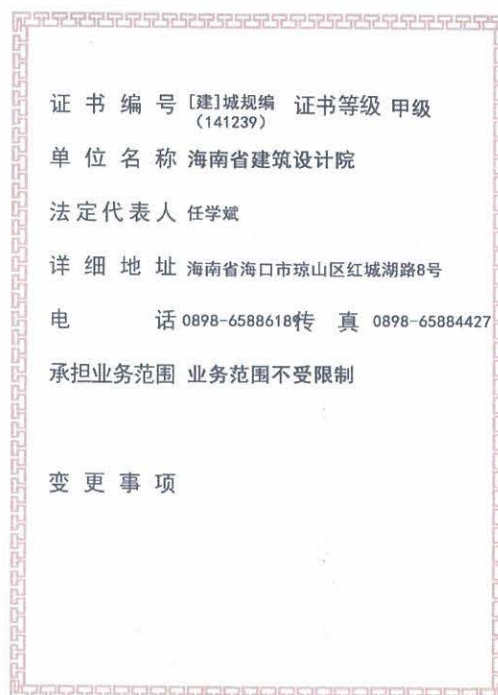
编 制 人 员: 王涛、周贞英、辛红梅、钟惠、郭晓婧、曹玉凤、
建迪、鄢波



城乡规划编制资质证书:



NO. 0000547



前言

为规范海南省海绵城市规划和建设，根据《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》和《海南省人民政府办公厅关于推进海绵城市建设的实施意见》等有关文件的要求，海南省住房和城乡建设厅组织编制了本技术导则。

编制组经过广泛调研，深入分析全省各市、县、自治县海绵城市建设现状、存在问题和发展趋势，参考借鉴国内外海绵城市（低影响开发）案例和标准的最新研究成果，形成本技术导则。编制过程中，得到各市、县、自治县人民政府，洋浦经济开发区管委会，省发展和改革委员会、省规划委员会、省农业厅、省国土资源厅、省海洋与渔业厅、省水务厅、省林业厅、省地质局、省气象局等单位的协助与支持。

本技术导则共九章，内容包括：1 总则；2 术语与符号；3 计算参数与方法；4 海绵城市建设目标指标；5 海绵城市规划指引；6 典型用地海绵城市建设设计指引；7 规划管控制；8 附录；9 附件。

本技术导则由海南省住房和城乡建设厅负责管理，由深圳市城市规划设计研究院有限公司负责具体技术内容解释。

导则自发布之日起施行，试行期 1 年。请各单位在使用过程中，基于实践经验，如发现需要修改或补充完善之处，请将意见和建议及时反馈给海南省住房和城乡建设厅城市建设处（通讯地址：海南省海口市美兰区海府路 59 号海南省住房和城乡建设厅城市建设处，570203。电话：0898-65352847，传真：0898-65352847）。

主编单位：海南省住房和城乡建设厅、深圳市城市规划设计研究院有限公司、海南省建筑设计院。

主要审查人：郝书文、吴薇、蔡和林、徐凤、许先升、吉伟芳、邓新兵、黄青良、王晨。

主要起草人：丁年、俞露、郭秋萍、张亮、孙静、李冰、曾小琪、谢家强、任学斌、林飞、王涛、辛红梅、周贞英、钟惠、郭晓婧、曹玉凤、建迪、鄢波。

目录

1 总则.....	1
1.1 编制目的	1
1.2 主要内容	1
1.3 适用范围	1
1.4 编制原则	1
1.5 试行	2
2 术语与符号.....	3
2.1 术语	3
2.2 符号	7
3 计算参数与方法.....	10
3.1 年径流总量控制率	10
3.2 雨水管渠设计降雨历时	10
3.3 综合径流系数	10
3.4 雨水资源化利用定额.....	11
3.5 低影响开发设施径流污染控制效果.....	12
3.6 以渗透为主要功能的设施规模计算.....	12
3.7 以储存为主要功能的设施规模计算.....	13
3.8 以调节为主要功能的设施规模计算.....	14
3.9 以转输为主要功能的设施规模计算.....	15
4 海绵城市建设目标指标	16
4.1 一般规定	16
4.2 总体目标	16
4.3 具体指标	17
4.4 各市、县、自治县主要目标指标	18
5 海绵城市规划编制指引	21
5.1 一般规定	21
5.2 海绵城市专项规划编制指引	21
5.3 相关规划衔接	24

6 典型项目海绵城市建设设计指引	29
6.1 一般规定	29
6.2 建筑与小区.....	30
6.3 道路与广场.....	34
6.4 城市绿地	36
6.5 城市水系	39
6.6 生态修复	41
7 规划管控机制.....	43
7.1 管理主体	43
7.2 管控流程与要求.....	43
7.3 规划编制管控要求	43
7.4 建设项目管控要求	44
7.5 绩效评价与考核.....	47
8 附录.....	49
8.1 年径流总量控制率曲线	49
8.2 植物应用名录	58
8.3 基础资料	58
9 附件.....	61
9.1 海绵城市相关规范标准	61
9.2 导则用词说明	61
9.3 海绵城市专项规划框架及要点.....	62
9.4 各类型项目设计流程.....	68
9.5 典型项目方案设计案例参考	89

1 总则

1.1 编制目的

为贯彻落实《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）、《海南省人民政府办公厅关于推进海绵城市建设的实施意见》等相关政策，因地制宜地确定海南省各市、县、自治县海绵城市建设的目标和重点，规范和指导海绵城市的规划、设计和实施管理，推动全省生态文明建设，维护生态安全格局，落实海绵城市建设工作，特制定本导则。

1.2 主要内容

本导则的主要内容包括总则、术语与符号、计算参数与方法、海绵城市建设目标指标、海绵城市规划编制指引、典型项目海绵城市建设设计指引、规划管控机制、附录、附件共九章。

本技术导则是全省海绵城市规划设计的指导性技术文件，其内容将随着海绵城市研究与应用工作的深入而不断发展和完善。

1.3 适用范围

本导则主要适用于以下三个方面：一是指导全省各市、县、自治县海绵城市规划的编制及规划建设管控；二是指导全省新建、改建、扩建项目（特殊污染源地区、地质灾害易发区及其他安全隐患地区除外）配套建设海绵城市相关设施的设计；三是为规划、住建、水务、发改、国土、道路交通、园林、林业、环保等有关部门指导和监督海绵城市建设有关工作提供参考。

1.4 编制原则

（1）坚持因地制宜的原则

根据海南省各地区地形地貌、土壤、水文地质、水资源状况、降雨规律等自然地理条件特点，合理确定各市、县、自治县海绵城市建设的目标，选用适用于本地典型项目海绵城市建设的设计指引，制定合理的建设管控机制与考核办法。

（2）坚持生态为本的原则

优良的生态环境，是海南省最为宝贵的资源。海绵城市建设应尊重生态本底，保护河流、

湖泊、水库、滩涂等蓝色空间，以及森林、绿地等绿色空间，推进生态受损地区的生态修复，维护城市良好的生态功能。

（3）坚持经济高效的原则

从海南省实情出发，根据海绵城市建设的目标指标，合理选用海绵城市建设的技术、设施，保障投资经济，效果明显，形成示范作用。

（4）坚持落实简政放权的原则

基于现行规划管控机制，以不增加审批环节为原则，合理增加海绵城市管控内容。

1.5 试行

本技术导则自发布之日起施行，试行期 1 年，通过全省各地海绵城市建设工作的开展结合实际情况继续完善。试行期间如有条款修改，将以书面通知的形式告知。

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 海绵城市 **Sponge city**

海绵城市是指通过加强城市规划建设管理，充分发挥建筑、道路和绿地、水系等生态系统对雨水的吸纳、蓄渗和缓释作用，有效控制雨水径流，实现自然积存、自然渗透、自然净化的城市发展方式。

2.1.2 低影响开发 (LID) **Low impact development**

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

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

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）的雨量占全年总降雨量的百分比。

2.1.4 设计降雨量 **Design rainfall depth**

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

2.1.5 雨水控制与利用 **Rainwater control and utilization**

是削减径流总量、峰值及降低径流污染，减轻城市洪涝和加强雨水收集利用的总称。

2.1.6 径流污染控制 **Runoff pollution control**

以面源污染控制为主要目标，通过将雨水径流引入下沉式绿地、雨水花园等分散式源头生态措施，或在合流制或分流制雨水排放口末端设置物理处理及生态处理设施，实现雨水中的 COD、SS 等污染物削减的全过程。

2.1.7 雨水入渗 Rainwater infiltration

利用绿地、透水铺装地面及各类渗透设施将雨水就地消纳，减少雨水径流，回补地下水的一种雨水控制与利用方式。

2.1.8 雨水收集回用 Rain harvesting

利用一定的集雨面收集雨水作为水源，经适当处理并达到一定的水质标准后利用的全过程。

2.1.9 雨水调蓄排放 Rainwater detention and controlled drainage

降雨期将区域内部分雨水暂时滞留在管道和设施内，雨停后将调蓄的雨水按照所控制的流量排放到下游。

2.1.10 特殊污染源地区 Special pollutant source area

地面易累积污染物的化工厂、制药厂、金属冶炼加工厂、传染病医院、油气库、加油加气站等。

2.1.11 流量径流系数 Discharge runoff coefficient

形成高峰流量的历时内产生的径流量与降雨量之比。

2.1.12 雨量径流系数 Pluviometric runoff coefficient

设定时间内降雨产生的径流总量与总雨量之比。

2.1.13 下垫面 Underlying surface

降雨受水面的总称，包括屋面、地面、水面等。

2.1.14 绿色屋顶 Green roof

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。

2.1.15 垂直绿化 Vertical planting

也称立体绿化，就是为了充分利用空间，是指在墙壁、阳台、窗台、屋顶、棚架等处栽

种植物。

2.1.16 硬化地面 Impervious surface

通过人工行为使自然地面硬化形成的不透水或弱透水地面。

2.1.17 透水铺装 Pervious pavement

用各类人工透水材料铺装的地面，可渗透、滞留和渗排雨水的铺装结构，以减少地面雨水径流量。按照面层材料的不同，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。

2.1.18 透水路面结构 Pervious pavement structure

分为半透水路面结构和全透水路面结构。路表水只能够渗透至面层或基层（或垫层）的道路结构体系为半透水路面结构；路表水能够直接通过道路的面层和基层（或垫层）向下渗透至路基中的道路结构的体系为全透水路面结构。

2.1.19 透水砖路面 Pavement of water permeable brick

具有一定厚度、孔隙率及分层结构的以透水砖为面层的路面。主要包括：透水砖面层、找平层、基层和垫层。

2.1.20 透水沥青路面 Permeable asphalt pavement

由透水沥青混合料修筑、路表水可进入路面横向排除，或渗入至路基内部的沥青路面总称。

2.1.21 透水水泥混凝土路面 Pervious cement concrete pavement

由粗集料及水泥基胶结料经拌合形成的具有连续空隙结构的混凝土路面。

2.1.22 下沉式绿地 Depressed green

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。

2.1.23 植草沟 Grass swale

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。

2.1.24 生物滞留设施 Bioretention facility

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。

2.1.25 雨水花园 Rain garden

在地势较低的区域建植物层、土壤层和过滤层，将雨水径流滞蓄、处理、下渗或收集利用的措施。

2.1.26 湿塘 Wet pond

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。

2.1.27 雨水湿地 Rain wetland

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。

2.1.28 雨水生态塘 Rain detention pond

可调蓄雨水并具有生态净化功能的天然或人工水塘。

2.1.29 生态树池 Ecological tree pool

生态树池是一种小型生物滞留设施，一般由植土层、砂滤层、排水系统以及灌乔木组成。

2.1.30 土壤渗透系数 Permeability coefficient of soil

单位水力坡度下水在土壤中的渗透速度。分初始渗透系数和稳定渗透系数。

2.1.31 渗透塘 Infiltration pool

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。

2.1.32 渗井 Infiltration well

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。

2.1.33 渗管/渠 Infiltration trench

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。

2.2 符号

2.2.1 流量、水量

q ——设计暴雨强度；

P ——设计重现期；

W ——雨水利用收集水量；

W_s ——一场降雨时段内场地雨水径流总量；

W_i ——设计初期弃流量；

W_t ——调蓄池调蓄容积；

W_a ——下沉式绿地的有效存贮容积；

h ——计算时段内降雨量；

h_e ——场降雨的设计控制雨量；

h_f ——滤床上的平均水位高度；

h_1 ——下沉式绿地平均下沉深度;

Q_l ——日喷灌水量;

Q_a ——年浇洒水量;

Q_0 ——滤池排水流量;

W_{Qv} ——径流污染控制量;

Q ——设计进水流量;

Q' ——设计排水流量。

2.2.2 水头损失、几何特征

F ——汇水面积;

F_i ——汇水面上各类下垫面面积;

F_1 ——绿地面积;

F_a ——下沉式绿地面积;

A_r ——滤床表面积;

A_s ——沉淀池表面积;

d_r ——滤床厚度;

W_k ——颗粒沉淀速率;

L ——植草沟设计段的长度;

v ——平均流速;

δ ——初期径流厚度。

2.2.3 计算系数及其他

Ψ_i ——各类下垫面的径流系数;

Ψ_z ——综合径流系数;

Ψ_{zc} ——综合雨量径流系数;

Ψ_m ——流量径流系数;

Ψ_c ——雨量径流系数;

E ——沉淀效率;

$E_{\text{淀}}$ ——沉淀物沉淀效率常数;

K ——滤料的渗透系数;

q_1 ——浇水定额；

q_2 ——年灌溉定额；

A_1, C, b, n ——暴雨强度公式参数。

2.2.4 时间

t ——降雨历时；

t_1 ——汇水面汇水时间；

t_2 ——管渠内雨水流行时间；

t_r ——设计滤料排水时间；

t_K ——从调蓄空间入流开始到出流结束的历时；

T_1 ——水力停留时间。

3 计算参数与方法

3.1 年径流总量控制率

城市年径流总量控制率对应设计降雨量值的确定，是通过统计学方法获得的。根据中国气象科学数据网中国基本、基准地面气象观测站或自动站的气候资料数据，选取近 30 年（反映长期的降雨规律和近年气候的变化）日降雨资料，扣除小于 2mm 的降雨事件降雨量，将降雨量日值按雨量由小到大进行排序，统计小于某一降雨量的降雨总量（小于该降雨量的按真实雨量计算出降雨总量，大于该降雨量的按该降雨量计算出降雨总量，两者累计总和）在总降雨量中的比率，此比率（即年径流总量控制率）对应的降雨量（日值）即为设计降雨量。

3.2 雨水管渠设计降雨历时

雨水管渠的设计降雨历时，应按下式计算：

$$t = t_1 + t_2$$

式中：

t——降雨历时（min）；

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

t₂——管渠内雨水流行时间（min）；

在规划或方案设计时，建筑小区设计降雨历时可按 10-15min 计算。

3.3 综合径流系数

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

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

式中：

ψ_z——综合径流系数；

F——汇水面积（m²）；

F_i——汇水面上各类下垫面面积（m²）；

Ψ_i ——各类下垫面的径流系数。

表 3-1 径流系数

汇水面种类	雨量净流系数 ψ	流量径流系数 Ψ
绿化屋面（绿色屋顶，基质层厚度 ≥300mm）	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≥500mm）	0.15	0.25
地下建筑覆土绿地（覆土厚度 < 500mm）	0.30-0.40	0.40
透水铺装地面	0.08-0.45	0.08-0.45
下沉广场（50 年及以上一遇）	—	0.85-1.00

注：以上数据参照《室外排水设计规范》（GB50014）（2016 年版）和《海南省海绵型建筑与小区设计导则（试行）》。

3.4 雨水资源化利用定额

雨水资源化利用途径主要包括广场用地、绿化浇灌、道路浇洒和其他生态用水。

（1）道路和广场浇洒用水量可按浇洒路面面积乘以用水定额计算，每天按洒水 1 次计算。道路和广场浇洒最高日用水定额可按 $2.0\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ - $3.0\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 计。

道路和广场浇洒日用水量按下式计算。

$$Q_i = 0.001q \cdot F$$

式中：

Q_i ——日浇洒水量（ m^3/d ）；

q ——用水定额（ $\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ），可取 $1\sim 2\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ；

F ——路面或广场面积（ m^2 ）。

（2）年绿化灌溉月份为每年 1 月～12 月，根据各市、县、自治县气候条件，灌溉周期为 5～20 天。

绿化用水量按下式计算：

$$Q_a = q \cdot F$$

式中：

Q——年灌溉浇洒水量（m³）；

q——年灌溉用水定额（m³/m²·a）；

F——灌溉面积（m²）。

表 3-2 道路、广场、绿化浇洒用水定额（L/m²·次）

路面性质	用水定额（m ³ /m ² ·a）
碎石路面	0.40~0.70
土路面	1.00~1.50
水泥或沥青路面	0.20~0.50
绿化	0.28

注：以上数据参照《室外给水设计规范》（GB50013）和《海南省海绵型建筑与小区设计导则（试行）》。

3.5 低影响开发设施径流污染控制效果

年径流污染控制率以悬浮物（SS）的控制率计，各类低影响开发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，可按下表取值。

表 3-3 低影响开发设施径流污染控制率

单项设施	径流污染控制率 (以 SS 计, %)	单项设施	径流污染控制率 (以 SS 计, %)
透水砖铺装	80-90	蓄水池	80-90
透水水泥混凝土	80-90	雨水罐	80-90
透水沥青混凝土	80-90	转输型植草沟	35-90
绿色屋顶	70-80	干式植草沟	35-90
下沉式绿地	-	湿式植草沟	-
简易型生物滞留设施	-	渗管/渠	35-70
复杂型生物滞留设施	70-95	植被缓冲带	50-75
湿塘	50-80	初期雨水弃流设施	40-60
人工土壤渗滤	75-95		

注：SS 去除率数据来自美国流域保护中心（Center For Watershed Protection, CWP）的研究数据。

3.6 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较大，因此透水铺装可通过参与综合雨量径流系数计算的方式确定其规模。

(1) 渗透设施有效调蓄容积按下式进行计算：

$$V_s = V - W_p$$

式中：

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

V ——渗透设施进水量， m^3 ，参照 3.7“容积法”计算；

W_p ——渗透量， m^3 。

(2) 渗透设施渗透量按下式进行计算：

$$W_p = KJA_s t_s$$

式中：

W_p ——渗透量， m^3 ；

K ——土壤（原土）渗透系数， m/s ；

J ——水力坡降，一般可取 $J=1$ ；

A_s ——有效渗透面积， m^2 ；

t_s ——渗透时间 s ，指降雨过程中设施的渗透历时，一般可取 $2h$ 。

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。

3.7 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。

(1) 容积法

$$V = 10H\phi F$$

式中： V ——设计调蓄容积， m^3 ；

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）（2016 年版）进行计算。

（2）水量平衡法

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上述“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。

表 3-4 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										

3.8 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。

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

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。

3.9 以转输为主要功能的设施规模计算

$$Q=\psi qF$$

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）（2016 年版）的有关规定。

4 海绵城市建设目标指标

4.1 一般规定

海绵城市规划控制目标一般包括径流总量控制、径流污染控制、排水防涝标准、城市防洪标准等。根据海南水生态、水环境、水安全、水资源条件的现状特点，确定以城市水面率、内涝防治标准、年径流总量控制率、年径流污染物削减率（以 SS 计）、生态岸线比例共 5 项指标为主要规划控制目标，其中年径流总量控制率、年径流污染物削减率针对城市建设区，年径流总量控制率为首要规划控制目标。

4.2 总体目标

4.2.1 城市水面率

城市水面包括陆域范围内的河流（江、河、渠等）、湖泊（天然或人工湖泊）、水库等水域空间。城市水面率是指城市陆域范围内水域面积与全市陆域总面积之比。适宜的水域面积，可以使城市遭遇雨洪时有调蓄部分洪水，降低河流洪峰流量，减轻河道排洪压力，提高城市防洪排涝的能力。同时，水体具有纳污和净污功能，水面越大水量越多，水环境容量越大。

各市、县、自治县在确定城市水面率目标时，根据当地的降雨、地形、历史水面比、经济社会状况、生态景观等实际情况确定，并应符合《城市水系规划规范》（GB50513）等相关技术规范的要求。

4.2.2 排水防涝标准

排水防涝标准包括依据内涝防治标准、雨水管渠设计标准，后者对应小排水系统，本导则重点关注内涝防治标准。

各市、县、自治县在确定排水防涝标准时，应符合《室外排水设计规范》（GB50014）（2016 年版）、及各市县城市排水（雨水）防涝综合规划和城市总体规划的要求。

4.2.3 径流总量控制

径流总量控制一般采用年径流总量控制率作为控制目标。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。

根据《海绵城市建设技术指南》，海南省全省位于 V 区，年径流总量控制率 α 的目标为： $60\% \leq \alpha \leq 85\%$ 。同时，《海南省人民政府办公厅关于推进海绵城市建设的实施意见》（琼

府办〔2016〕58号)中明确“将70%的降雨就地消纳和利用”。结合全省地质、土壤、降雨等特征,明确全省年径流总量控制率的总目标为70%,即全省统筹推进自然生态修复,海绵型新老城区、建筑小区、道路广场、城市绿地建设,和排水防涝设施达标建设,实现全省所有市、县、自治县建成区综合实现年径流总量控制率达70%。《海南省人民政府办公厅关于推进海绵城市建设的实施意见》要求,到2020年,城市建成区20%以上的面积达到海绵城市建设目标要求;到2030年,城市建成区80%以上的面积达到目标要求。

4.2.4 径流污染削减

海南省水环境质量要求高,径流污染控制要求相对严格。污染物指标可采用悬浮物(SS)、化学需氧量(COD)、总氮(TN)、总磷(TP)等。在城市径流污染物中,SS往往与其他污染物指标具有一定的相关性,因此,采用SS作为年径流污染物削减率。

海南省各市、县、自治县海绵城市建设年SS总量去除率,应不小于45%。

4.2.5 生态岸线比例

根据海绵城市、城市双修等工作的推进,结合《生态保护与建设行动计划(2017-2020)》的要求,提出生态岸线的比例要求。

1、河流生态岸线:建成区段比例不应低于60%,非建成区段比例不应低于90%。

2、海岸带生态岸线:海洋功能保留区段、海洋保护区段不应低于95%,旅游休闲娱乐区段不应低于80%,农渔业区段、特殊利用区段、矿产与能源区段不应低于70%,港口航运区段、工业与城镇用海区段不应低于50%。

4.3 具体指标

4.3.1 城市建设区内主要指标

在总体控制目标(年径流总量控制率等)确定后,用“渗”、“滞”、“蓄”、“净”、“用”、“排”6类技术方法分解总指标。其中“渗”、“滞”、“蓄”三个指标采用海绵城市规划系统定值,“净”、“用”、“排”三个指标采用相关规范或导则,确定各项技术措施具体指标。

1、“渗、滞、蓄”具体控制指标

对年径流总量控制率进行逐级分解,在各城市海绵相关规划中应对地块提出的引导性指标包括透水铺装率、下沉式绿地率、绿色屋顶率等。

(1) 下沉式绿地率=广义的下沉式绿地面积/绿地总面积

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

(2) 透水铺装率=透水铺装面积/硬化地面总面积。透水铺装面积指人行道、停车场、广场等采用透水材料的面积之和。

(3) 绿色屋顶率=绿色屋顶面积/建筑屋顶总面积。

2、“净”具体控制指标

在各城市海绵相关规划汇总,应根据《海南省水功能区划》、各市城市总体规划、环境保护规划等确定城区地表水体水质目标。通过各类水污染治理手段,有效控制城镇点源污染、雨水径流污染、合流制管渠溢流污染。

3、“用”具体控制指标

在各城市海绵相关规划中应提出雨水资源利用率、污水再生利用率、管网漏损控制率等控制指标。

(1) 雨水资源利用率=年雨水收集利用于市政杂用量(万立方米)/年供水总量(万立方米)×100%

(2) 污水再生利用率=年污水再生利用量(万立方米)/年污水集中处理量(万立方米)×100%

(3) 管网漏损控制率=年管网漏水量(万立方米)/年供水总量(万立方米)

4、“排”具体控制指标

在各城市海绵相关规划中应提出雨水管渠设计标准等应符合《室外排水设计规范》(GB50014)(2016年版)及相关排水规划的要求。

4.3.2 城市非建设区主要指标

在各城市海绵相关规划中应提出:

(1) 防洪(潮)标准:城市外部河湖水系防洪标准,海潮防御标准等。

(2) 水源涵养:水源保护区比例、城市水源的供水保障率和水质达标率、地下水水位等。

4.4 各市、县、自治县主要目标指标

根据国家对海绵城市建设提出的要求,从目标导向和问题导向出发,基于海南省 19 个

市、县、自治县的降雨特征，以及地形地貌、气候特征、森林资源、水资源、水环境质量经济社会发展等特征，将全省划分为五大海绵城市建设分区：

- （1）北部分区：海口市、儋州市、澄迈县、临高县。
- （2）东部分区：文昌市、琼海市、万宁市、定安县、陵水黎族自治县。
- （3）中部分区：五指山市、琼中黎族自治县、屯昌县、白沙黎族自治县、保亭黎族苗族自治县。
- （4）西南部分区：三亚市、乐东县、东方市、昌江黎族自治县。
- （5）海岛：三沙市。

根据五大海绵城市建设分区的特征及分区内各城市的特征，确定各市、县、自治县海绵城市建设的 4 项控制目标，如表 4-1 所示。

表 4-1 海南省海绵城市规划目标控制一览表

分区	城市	人均水资源量 ¹ /亿 m ³	水污染程度 ¹	降雨量 ¹ /mm	建成区绿化覆盖率 ² /%	森林覆盖率 ² /%	控制目标侧重点			
							市域		建成区内部	
							水面率/%	内涝防治标准	年径流总量控制率/%	年径流污染物削减率(以 SS 计)
北部分区	海口	10.18	优、良好	1802.7	42.8	39.5	8-12	50 年一遇	70~75	≥50%
	儋州	8.94	优、良好	1473.7	38.3	52.0		20 年一遇	75~78	≥45%
	澄迈	10.28	优、良好	1779.4	34.9	54.0		20 年一遇		≥45%
	临高	6.04	优、良好、轻度和中 度污染	1534.1	30.0	44.0		20 年一遇		≥55%
东部分区	文昌	15.22	良好、轻度污染	1718.9	38.7	43.0	8-12	20 年一遇	72~75	≥55%
	琼海	15.03	优	2079.0	39.1	62.0		20 年一遇		≥45%
	定安	7.09	优、良好	2009.8	31.8	49.0		20 年一遇		≥45%
	万宁	18.86	优、轻度污染	2271.5	34.4	66.0		20 年一遇		≥45%
	陵水	5.70	优	1835.2	32.8	61.5		20 年一遇		≥45%
中部分区	保亭	4.01	优	1877.3	47.0	84.0	6-10	10 年一遇	68~70	≥45%
	五指山	3.95	优	1771.3	32.1	85.0		10 年一遇		≥45%
	琼中	16.78	优、良好	2261.7	35.0	85.0		10 年一遇		≥45%
	屯昌	6.10	良好	2102.3	27.3	64.7		20 年一遇		≥45%
	白沙	9.32	优、良好、轻度污染	1831.8	37.9	81.0		10 年一遇		≥50%
西南部 分区	东方	13.06	优、良好	1250.2	43.6	61.0	6-12	20 年一遇	62~65	≥45%
	昌江	9.30	优、良好	1352.8	39.2	64.0		20 年一遇		≥45%
	三亚	11.98	优	1465.5	45.3	69.0	8-12	30 年一遇		≥45%
	乐东	26.20	优、良好	1485.4	31.5	65.5		20 年一遇		≥45%
海岛	三沙	0.20	--	1344.6	--	--	--	50 年一遇	60~65	--

¹ 来源：《2015 海南省水资源公报》

² 来源：《2015 海南统计年鉴》

5 海绵城市规划编制指引

5.1 一般规定

海绵城市的理念及规划要求应贯穿于各市、县、自治县总体规划、控制性详细规划、修建性详细规划及相关专项规划的全过程。

海绵城市专项规划是建设海绵城市的重要依据，是城市规划的重要组成部分。各市、县、自治县应抓紧编制总体层次的海绵城市专项规划，以指导当地海绵城市建设。在编制控制性详细规划、修建性详细规划时，应同步编制规划范围内详细层次的海绵城市专项规划（或海绵专题），将海绵城市的指标落到地块，便于规划管控。

考虑到海南省各市、县、自治县内部空间存在水文气象条件、地质地貌、城市发展水平等方面的差异，各城市海绵城市专项规划应细化内部分区规划目标与指标，有针对性地提出适宜各分区海绵城市建设的技术路线和海绵设施，确保规划方案的有效性和可行性。

海绵城市专项规划经批准后，新编或修编水系、绿地系统、防涝系统、道路交通等专项规划，应与海绵城市专项规划充分衔接。

5.2 海绵城市专项规划编制指引

海绵城市专项规划是城市规划的重要组成部分，应从宏观上指导海南省各市、县、自治县的海绵城市建设，与总体规划中的其他规划内容进行配合，协调水系、绿地、排水防涝和道路交通等专项与海绵城市建设的关系，落实海绵城市建设目标。编制海绵城市专项规划，应收集相关规划资料，以及气象、水文、地质、土壤等基础资料和必要的勘察测量资料。

5.2.1 总体规划层次编制要点

（1）综合评价海绵城市建设条件。分析城市区位、自然地理、经济社会现状和降雨、土壤、地下水、下垫面、排水系统、城市开发前的水文状况等基本特征，研究城市水资源、水环境、水生态、水安全等方面存在的问题，明确海绵城市建设的需求。根据城市土壤、地质地貌、地下水埋深、降雨特征、水资源条件、水环境质量等条件，确定海绵城市各类技术措施的适用性。

（2）确定海绵城市建设目标和具体指标。确定海绵城市建设目标（主要为雨水年径流总量控制率、年径流污染削减率），明确近、远期要达到海绵城市要求的面积和比例，参照住房城乡建设部发布的《海绵城市建设绩效评价与考核办法（试行）》，提出海绵城市建设的

指标体系。

(3) 提出海绵城市建设的总体思路。依据海绵城市建设目标，针对现状问题，因地制宜确定海绵城市建设的实施路径。老城区以问题为导向，重点解决城市内涝、雨水收集利用、黑臭水体治理等问题；城市新区、各类园区、成片开发区以目标为导向，优先保护自然生态本底，合理控制开发强度，最大限度地减少城市开发建设对自然和生态环境的影响。总体思路应坚持问题导向和目标导向，技术路线因地制宜、思路清晰，充分体现源头削减和过程控制，充分考虑平面布局。

(4) 提出海绵城市建设分区指引。识别自然山体、水体、农田、草地、林地等生态本底条件，沿海地区关注海水入侵及风暴潮影响的特征，提出海绵城市的自然生态空间格局，明确保护与修复要求；针对现状问题，划定海绵城市建设分区，提出建设指引。

(5) 落实海绵城市建设管控要求。根据雨水径流量和径流污染控制的要求，将雨水年径流总量控制率目标进行分解。大的市、县、自治县要分解到排水分区，小的市、县、自治县要分解到控制性详细规划单元，并提出管控要求。

(6) 提出规划措施。针对内涝积水、水体黑臭、河湖水系生态功能受损等问题，按照源头减排、过程控制、系统治理的原则，制定积水点治理、截污纳管、合流制污水溢流污染控制和河湖水系生态修复等措施。海绵城市系统应总体布局合理，系统谋划，各类海绵城市建设措施统筹协调，自然生态功能和人工工程措施并重，体现“源头削减、过程控制、系统治理”。

(7) 提出相关专项规划衔接的建议。通过海绵城市专项规划的编制，将雨水年径流总量控制率、径流污染控制率、排水防涝系统等有关控制指标和重要内容纳入相关专项规划。衔接城市竖向、道路交通、绿地系统、排水防涝等相关规划，将规划成果要点反馈给这些专项规划，并通过专项规划的进一步细化，确保海绵城市建设的协调推进。

(8) 明确近期建设重点。明确近期海绵城市建设的试点区域或重点片区，提出分期建设要求，作为详细规划层次海绵城市专项规划的上位要求。

(9) 提出规划保障措施和实施建议。结合各市、县、自治县行政职能分工、规划建设特点，针对规划管控机制的建立与落实、措施实施主体与资金保障、落实机构与职责分工等内容提出保障措施和实施建议。

5.2.2 详细规划层次编制要点

详细规划层面的海绵城市专项规划应根据总体规划层次海绵城市专项的要求，结合规划

区（试点区域、重点片区或控制性详细规划、修建性详细规划单元）的用地布局、建设项目、排水系统、水系等更为准确和细致的本地特点，细化海绵城市规划方案，将分解到排水分区或控制性详细规划单元的管控要求再进一步分解，落实到地块和市政设施，为构建区域雨水排水管理体系奠定基础，以更好的指导实施地块管控，落实各地块践行海绵城市规划建设管理的诉求。

（1）详细评价海绵城市建设条件。重点分析规划区土壤、地下水、下垫面、排水系统、内涝点、水环境质量等本底条件，识别水资源、水环境、水生态、水安全等方面存在的问题和建设需求。

（2）确定海绵城市建设目标和具体指标。根据总体规划层面专项规划制定的管控单元目标，确定规划区的海绵城市建设目标（雨水年径流总量控制率、年径流污染削减率），并对此目标进行复核，确定是否能够达到。参照《海绵城市建设绩效评价与考核办法（试行）》和总体规划层面的指标体系，提出规划区海绵城市建设的指标体系。

（3）提出海绵城市建设总体思路。1）问题导向。针对城市内涝、黑臭水体等问题，落实排水防涝规划、水环境整治规划等要求，从雨水径流控制、雨水管网系统建设、竖向调整、雨水调蓄、雨水行泄通道建设、内河水系治理等方面制定具体的技术路线与措施方案。2）目标导向。转变城市发展理念，从水生态、水环境、水安全、水资源等方面出发，规划先导，统筹涉水相关规划，构建生态安全格局的“大海绵”，统领涉水相关规划以构建水安全保障度高、水环境质量提升、水资源丰盈的“中海绵”体系，落实源头径流控制、径流污染削减的低影响开发建设理念，构建具备恢复自然水文循环功能的“小海绵”体系，从而集成构建大、中、小三级海绵城市体系。

（4）海绵城市指标分解与管控要求。构建规划区水文模型，反复分解试算区域低影响开发控制目标，评估及验证控制目标的可行性。

a 地块划分

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

b 初次设定年径流总量控制目标

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

c 模型验证，确定海绵设施建设规模

以汇水分区为单位，从问题导向和地块目标导向出发，布置汇水分区内的“源头—中途—末端”类的海绵城市建设项目，以解决内涝、黑臭等问题，并利用 EPA-SWMM 或相关模型，模拟布置的海绵城市相关设施是否可以实现年径流问题控制率、面源污染控制率达标。根据模型结构反复优化，最终确定海绵城市建设项目和各个项目的海绵设施布置，明确各类建设项目的控制性指标和引导性指标，其中控制性指标包括年径流总量控制率、年径流污染削减率（以 SS 计），引导性指标包括透水铺装比例、绿色屋顶比例、绿地下沉比例、不透水下垫面径流控制比例等。

（5）海绵城市工程规划。结合规划区的特点，结合自然海绵体布局和保护详细规划、排水防涝详细规划、河道综合整治详细规划、供水安全保障规划、污水系统详细规划、雨水资源化利用规划、再生水利用规划、内涝点整治规划、黑臭水体治理措施等方面，根据（4）中确定的海绵城市建设项目及海绵设施，制定详细的海绵城市工程规划方案。

并按海绵城市项目用地类型分别给出规划设计详细指引，指导各类项目的具体设计和建设。在此基础上，形成规划区各类重要海绵设施的布局、规模和建设要点，如雨水调蓄池、雨水行泄通道、河道岸线功能及水系生态化断面等。

（6）明确近期建设重点项目。确定规划区内的海绵城市近期重点建设项目，并制定建设时序安排和投资估算。

（7）保障措施和实施建议。提出规划方案与控制性详细规划、城市道路、排水防涝、绿地、水系统等相关规划的衔接建议；提出海绵城市建设相关体制机制建立的建议，确保将规划理念、要求和措施全面落实到建设、运行、管理各环节；提出针对规划方案的监测和考核要求，客观、真实评价海绵城市建设的效果。

5.3 相关规划衔接

5.3.1 城市总体规划

海南省各市、县、自治县总体规划编制或修编的过程中，应纳入海绵城市专项规划的主要指标、内容、结论，并同步调整衔接其他专项规划与主要内容，特别是应将雨水年径流总量控制率和径流污染控制率等海绵城市建设目标和指标纳入总体规划，将海绵城市专项规划中明确需要保护的生态空间格局作为城市总体规划空间开发管制的要素之一。城市总体规划已经编制完成并获批的城市，可由地方同级人民政府审批海绵城市专项规划，并在下轮

总体规划修编时将成果纳入。

（1）四区划定

城市总体规划的四区划定应充分识别和结合城市中重要的“海绵体”，切实落实“生态优先”的海绵城市建设原则，科学分析城市规划区内的山、水、林、田、湖等生态资源，保护河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等水生态敏感区，提高水生态系统的自然修复能力，维护城市良好的生态功能。

（2）指标体系构建

海绵城市建设的重要指标，如城市水面率、年径流总量控制率、径流污染控制率等相关指标，经科学分析后明确是否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、远期的目标值。

（3）蓝线划定

科学划定各市、县、自治县城市蓝线，将河流、湖泊、水库、湿地、滞洪区等重要的水系空间纳入蓝线保护范围，以保护城市河湖水系。城市蓝线划定时应考虑与雨水的源头径流控制、雨水管渠系统、超标雨水排放系统及生态岸线恢复等相衔接。

（4）市政设施规划中海绵设施的落实

在市政基础设施章节中，应将重要的海绵设施用地进行预留和控制，例如大型调蓄设施用地。建议增加海绵城市专篇，将传统排水规划与海绵城市建设进行结合。

5.3.2 控制性详细规划

在控制性详细规划层面，主要依据详细规划层次海绵城市专项规划或城市总体规划中的有关要求，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、设计和建设项目规划管控工作。各市、县、自治县编制或修编控制性详细规划时，应同步编制海绵城市专题，将海绵城市建设的控制指标纳入法定指标中，实现海绵城市建设目标与指标的法定化。

（1）排水工程规划

统筹用地性质、开发强度、绿地和水系布局、城市竖向，使场地和道路径流有组织地汇入自然调蓄空间，并设置超标雨水径流行泄通道，保障城市水安全。

（2）道路规划

根据城市道路的海绵城市建设要求及指标要求，明确道路断面形式。道路横断面设计应

统筹道路横坡坡向、路面与道路绿化带及周边绿地的竖向关系，便于径流雨水汇入海绵设施中；规划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与区域整体内涝防治系统相衔接。

（3）同步编制海绵城市专题的，应增加以下内容：

结合用地功能和布局，明确各地块的年径流总量控制率及其对应的设计降雨量、单位面积控制容积、年径流污染控制率、雨水资源化利用目标等。根据各类用地特点和各地块控制性指标（包括绿地率、建筑密度等）要求，通过水文、水力计算或模型模拟，进一步设置地块海绵城市引导指标，如下沉式绿地率及其下沉深度、透水铺装率、绿色屋顶率、其他调蓄容积、不透水下垫面径流控制比例等。

5.3.3 修建性详细规划

在修建性详细规划、城市设计、项目前期选址论证等详细规划设计层面，可依据控制性详细规划的要求，细化落实上位规划确定的海绵城市建设的相关控制指标，落实相应设施选择、布局、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。

5.3.4 城市排水防涝规划

城市防涝系统是海绵城市的重要组成部分。城市排水防涝综合规划应符合满足《城市排水工程规划规范》（GB50318）、《室外排水设计规范》（GB50014）（2016 年版）等相关要求的前提下，进一步明确海绵城市的建设目标与建设内容。

- （1）明确年径流总量控制目标与指标。
- （2）确定径流污染控制目标及防治方式。
- （3）明确雨水资源化利用目标及方式。
- （4）源头海绵设施应与城市雨水管渠系统或超标雨水径流排放系统相衔接。
- （5）优化海绵设施的平面布局与竖向控制。
- （6）结合易涝点分析、排水管网竖向规划和雨水回用，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。

5.3.5 城市水系规划

城市水系规划应在水系保护、水系利用、水系新建、涉水工程协调等方面落实海绵城市规划建设的相关要求。

(1) 基础研究与评价。分析水系在流域、城市、生态体系中的定位和作用，明确水面率、水系连通、水安全、水环境、水生态等方面的现状及问题。

(2) 水系保护。依据城市总体规划的水面率目标，明确受保护水域的面积和基本形态。保护水体完整性，进行蓝线划定，并提出控制要求。

(3) 水系利用。统筹水体、岸线和滨水区之间的功能，在促进城市水系多功能复合利用的同时，尽量保护与强化其对雨水径流的自然渗透、净化与调蓄功能，优化城市河道、湖泊和湿地等水体的布局，并与其他相关规划相协调；岸线利用应体现保护优先的原则，划定生态岸线，并对受破坏的岸线进行生态修复；在生产性、生活性岸线周边，应结合地块开发功能及建设形态，合理布局植被缓冲带，优先采用自然岸线。

(4) 规划新建水系。新增水体应兼顾城市排水防涝及景观功能，并考虑周边地块的雨水径流控制要求。

(5) 涉水工程协调。应与给水、排水、防洪排涝、水污染治理、再生水利用、道路等工程进行综合协调，以促进城市水系的保护和提高城市水系的利用效率，减少各类涉水工程设施的布局矛盾。

5.3.6 城市绿地系统规划

城市绿地应明确海绵城市开发的控制目标，在满足生态、景观、游憩、安全等功能的基础上，通过合理的竖向设计，优化布局海绵设施，实现复合生态功能。

(1) 提出不同类型绿地的海绵城市建设控制目标和指标。

(2) 合理确定城市绿地系统海绵设施的规模和布局。

(3) 城市绿地应与周边汇水区域有效衔接。

在城市绿地系统规划的指导下，规划设计城市绿地类建设项目时，应注意：

(1) 应符合园林植物种植及园林绿化养护管理技术要求。

(2) 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截流净化部分污染物。

(3) 充分利用多功能调蓄设施调控雨水径流。有条件地区可布局湿塘、雨水湿地等海绵设施，调蓄超标降雨。

5.3.7 生态（修复）规划

城市生态规划旨在协调人类社会的发展和自然环境的保护，内容上包括环境容量的评估、

城市空间发展边界的划定、城市安全空间的预留等。海绵城市建设属于大生态规划的范围，因此生态规划中应同时考虑“山、水、林、田、湖”海绵体的保护、城市海绵空间的预留，并在不同尺度的生态策略中融合海绵城市建设的要求，完善生态安全体系。

（1）在城市总体层面的生态规划中，落实重要的城市绿地、河湖、湿地和沟渠等“海绵体”，将其纳入生态资源保护的适宜性评价内容中，海绵生态敏感性极高的绿地和水体，要求划入生态红线，通过生态空间的保留，保障城市海绵功能。

（2）在生态安全格局构建时，加以考虑海绵本底对于格局的影响和作用，把潜在海绵要素融入城市生态安全格局的框架。并在“基质—斑块—廊道”的构建时，融入海绵基质、斑块和廊道的内容，补充完善生态安全格局的构建。

（3）在生态功能划分和管控指引制定时，把海绵功能分区尤其是生态区海绵功能分区的结论与管控指引列入生态功能分区的划定与管控指引内容中，在生态规划中落实对海绵基底的保护。

（4）将需要重点修复的海绵“蓝、绿”资源在生态规划中进行重点识别，对于发挥水源涵养、净化功能的城市绿地和发挥滞、蓄功能的水体湿地，若其受到人为破坏及干扰的，要求在城市规划中列入生态修复的重点内容，恢复其海绵功能。

5.3.8 城市道路交通规划

城市道路是海绵城市规划建设的重要组成部分和载体，在城市道路交通专项规划中在保障交通安全和通行能力的前提下，尽可能通过合理的横、纵断面设计，结合道路绿化分隔带，充分滞蓄和净化雨水径流。

- （1）提出各等级道路源头径流控制目标。
- （2）协调道路红线内外用地空间布局与竖向。
- （3）提出各等级道路源头海绵设施类别、基本选型及布局等内容。
- （4）根据海绵城市建设需求，优化道路横断面设计。
- （5）明确超标径流排放路径。

6 典型项目海绵城市建设设计指引

6.1 一般规定

6.1.1 建设项目的的设计内容

海绵城市建设项目设计应包括以下设计内容：

（1）开展海绵城市建设条件分析和论证。分析项目场地与周边地块的竖向关系，明确场地是否需要承接客水以及承接的客水量；分析场地内及其周边是否存在内涝点，并明确内涝点与场地的关系；分析场地周边雨水管渠系统与超标雨水径流排放系统的现状及上位规划条件，明确场地与其上下游排水系统的关系；分析场地内的水文地质条件、下垫面组成、土壤渗透性能等，对现状条件进行海绵城市建设限制因素和有利因素的分析评价，提出海绵城市建设的难点和开发策略。

（2）确定设计目标。以本导则及上位规划中的海绵城市相关控制指标为基础，结合现状条件及问题评估，提出建设范围内海绵城市建设目标。

（3）确定海绵设施的类型、规模和空间布局。

（4）各类建设项目中的海绵设施系统设计应当体现各市、县、自治县的地域特点，遵守经济性、适用性原则，并采用本地化的参数（设计雨型、土壤渗透系数等）和本土材料、植物资源进行设计。

（5）下列场地不得采用海绵设施系统：

- 位于石油化工生产基地、加油站、大量生产或使用重金属企业等特殊污染源地区；
- 存在陡坡坍塌、地面变形、滑坡灾害等等地质灾害易发场区；
- 其他具有安全隐患地区。

6.1.2 典型项目的建设目标

根据海南省海绵城市建设的要求，提出典型项目海绵城市建设目标表（建议值，见表 6-2），各市、县、自治县在编制专项规划时，可结合本地实际情况，通过搭建典型项目的 EPA-SWMM 或其他同类水文模型，对指标进行适当调整，但应保证各城市海绵城市建设达到表 4-1（海南省海绵城市规划目标控制一览表）的要求。

表 6-1 建设项目分类指引划分表

建设项目分类	用地类型	用地代码	用地类型
建筑与小区	居住小区类	R1、R2、R3	居住用地
	公共建筑类	A	公共管理与公共服务用地
		B	商业服务业设施用地
	工业仓储类	M、W	工业用地
			物流仓储用地
道路与广场	市政道路、广场类	S、G3	道路与交通设施用地、广场用地
公园绿地	公园绿地类	G1、G2	公园绿地、防护绿地
城市水体	水体类	E1	水域

表 6-2 典型项目建设目标表（建议值）

地块类别		控制目标	
		年径流总量控制率%	年径流污染削减率%（以 SS 计）
新建类 ¹	居住小区类	70	35
	公共建筑类 ²	65	40
	工业仓储类	60	40
	道路广场类	60	50
	公园绿地类	80	60
改造类	居住小区类	50	25
	公共建筑类 ²	45	35
	工业仓储类	40	35
	道路广场类	40	35
	公园绿地类	65	50

注：1、新建类含拆除重建类。2、A1（行政办公用地）、A2（文化设施用地）、A3（教育科研用地）、A4（体育用地）建议在现有指标基础上，上调 3%。

6.2 建筑与小区

6.2.1 一般规定

1、建筑与小区海绵城市建设目标以控制面源污染、削减径流峰值、延缓峰值时间为主，有条件的建筑与小区可兼顾雨水收集利用。

2、建筑与小区雨水设计标准应与排水专项规划相协调。总用地面积大于 5 公顷（含）的新建工程项目，建议先编制海绵城市专项/专题规划，再进行海绵设计方案；用地面积小于 5 公顷的，可直接进行海绵设计方案，设计标准应按相关海绵城市上位规划指标要求执行。

3、新建建筑与小区绿地中宜至少应有 50%作为用于滞留雨水的下沉式绿地。

4、新建建筑与小区屋面表面应采用对雨水无污染或污染较小的材料，不宜采用沥青或沥青油毡，应优先考虑结合景观设置绿色屋顶。

5、建筑与小区景观水体、雨水湿地/塘等调蓄设施的设置应充分考虑小区场地条件，利用原有的湿地、坑塘、沟渠等，调蓄设施应保证周边径流尽可能汇入其中，并结合安全、生态环境、景观设计的要求来确定。

6、既有建筑与小区可结合实际情况对建筑屋顶、建筑与小区周边绿地以及景观水体进行海绵设施改造，改造应遵循施工简便、设置灵活、维护简单、经济高效的原则。

7、绿色植物应选用耐淹、耐旱植物，以乡土植物为主，比例不应低于 80%。

6.2.2 典型流程

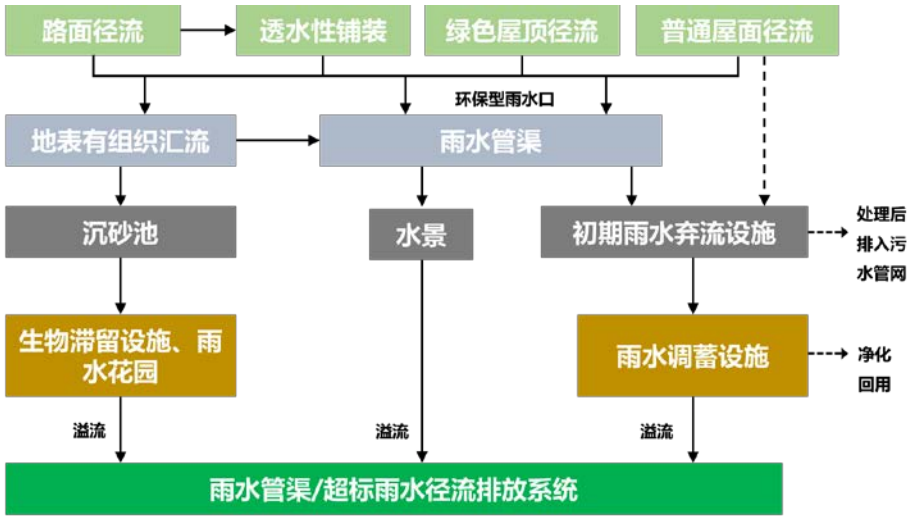


图 6-1 建筑与小区径流组织形式

可采用的海绵技术设施主要有：

- （1）渗滞设施：包括透水铺装、绿色屋顶、生物滞留设施、植草沟；
- （2）储存设施：包括储水池、雨水桶等；
- （3）调节设施：包括调节塘（池）等；
- （4）转输设施：包括转输型植草沟、渗管（渠）等；

(5) 净化设施：包括植被缓冲带、初期雨水弃流设施和人工湿地等。

6.2.3 新建建筑与小区设计指引

1、场地海绵性设计应因地制宜，保护并合理利用场地内原有的湿地、坑塘、沟渠等；应优化不透水硬化面与绿地空间布局，建筑与小区内部的屋面、广场、道路等不透水区域的径流宜导流进入可消纳径流雨水的绿地，场地的竖向设计应有利于径流汇入海绵设施。

2、建筑海绵性设计应充分考虑雨水的控制与利用，平屋面或坡度较缓（小于 15°）的屋顶宜采用绿色屋顶的方式，绿色屋顶的设计应符合《屋面工程技术规范》（GB50345）的规定；大面积屋面雨水径流，优先引入建筑周围绿地中的雨水花园等生物滞留设施，下渗或集中进行收集回用，雨水渗透设施设计应考虑对建筑基础的影响。

3、小区道路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，便于径流雨水汇入绿地内海绵设施。

小区内部道路标高宜适当高于周边道路；小区道路道路纵坡不宜超过 8%，不宜小于 0.3%；小区道路路缘石标高宜高于绿地标高 100mm 以上，对于下沉式绿地段道路，竖向高程应高出绿地标高不小于 50mm。

小区内非机动车道、人行道、游步道、广场、露天停车场、庭院宜采用渗透铺装地面；非机动车道可选用透水沥青路面、透水性混凝土、透水砖等；人行道、游步道可选用透水砖、碎石路面、汀步等；露天停车场宜选用草格、透水砖等；广场、庭院可选用透水砖等。避免使用集中大面积的透水铺装。

小区道路雨水径流优先引入周边的下沉式绿地中滞留下渗；较大坡度道路转弯处宜建生物滞留设施，海绵设施宜设计侧壁防渗，避免雨水渗透对道路路基产生影响。

4、小区绿地应结合规模与竖向设计，场地有坡道时，绿地应结合坡度等高线，分块设计确定不同标高的绿地。在绿地内应设雨水口排水，雨水口的标高宜高于绿地标高 50mm，大面积绿地宜设置排水盲沟。

在绿地内适宜位置可增设下沉式绿地、雨水花园、雨水塘等可消纳屋面、路面、广场及停车场径流雨水的海绵设施；设施下沉深度较大，坡度较大时，应考虑设计边坡挡墙支护，避免径流冲刷造成边坡土壤塌陷；对于大型绿地集中调蓄利用设施，其溢流排放系统应与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统有效衔接。

有景观水体的小区应发挥其雨水调蓄功能，雨水径流经植草沟、雨水花园等处理设施后作为景观水体补水水源，严格限制自来水作为景观水体的补水水源，景观水体宜设计生态驳

岸形式，并设溢流口。

5、居住区各种场地的适用坡度（%）如下：

表 6-3 居住区各种场地的适用坡度

场地名称	适用坡度
密实性地面和广场	0.3-3.0
广场兼停车场	0.2-0.5
室外场地	
1.儿童游戏场	0.3-2.5
2.运动场	0.2-0.5
3.杂用场地	0.3-2.9
绿地	0.5-1.0

其他公共建筑及工业仓储用地宜根据场地条件及项目功能及布局等特征，参考居住区各种场地的适用坡度进行设计。

6、适度开发利用地下空间，合理控制建设用地的不透水面积，为雨水的自然渗透与地下水补给、减少径流外排留足相应的透水空间。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 600mm 并应设置排水层。

7、当上述设计不能满足规划确定的海绵城市建设指标时，还应按照所需蓄水容积或污染控制要求，合理设计蓄水池、雨水花园、雨水桶及污染处理设施。

8、径流污染严重的场地，如化工厂、传染病医院、油库、加油站、污水处理厂等附属绿地以及垃圾填埋场等其他绿地，禁止采用雨水下渗减排的方式。

6.2.4 改造建筑与小区设计指引

1、建筑平屋面或坡度较缓（小于 15°）的屋顶应通过屋顶荷载复核，满足荷载要求的平屋面或坡度较缓的屋顶宜改造建设绿色屋顶；建筑周边有足够绿地空间的居住区，优先利用绿地空间改造建设分散的下沉式绿地、雨水花园或集中的景观水体等多功能调蓄设施，对雨水进行调蓄利用，同时应局部防渗避免渗透对建筑基础产生影响；对于建筑周边没有绿化空间的居住区，可选择分散设置雨水桶/罐，对屋面雨水进行回收利用，屋面雨水回收利用时需设置预处理设施进行处理。对于阳台雨水管有废水混接的建筑，需将阳台雨水管，接入小区污水管线，屋面雨水断接至周边绿地或雨水桶/罐。

2、小区内非机动车道路、人行道、游步道、广场、露天停车场、庭院宜采用渗透铺装地面；非机动车道可选用透水沥青路面、透水性混凝土、透水砖等；人行道、游步道可选用透水砖、碎石路面、汀步等；露天停车场宜选用草格、透水砖等；广场、庭院可选用透水砖

等。避免使用集中大面积的透水铺装。

小区道路超渗雨水优先通过道路横坡坡向优化、路缘石改造等方式引入周边的绿地空间进行调蓄、净化、渗透，雨水径流进入低影响设施前宜先排入碎石沟等预处理设施，对于坡度较大道路的雨水径流转输宜通过生物滞留设施进行处置。

对于空间不足且有竖向优势条件的小区，道路雨水可通过植草沟、雨水管道等转输方式集中引入周边的绿地建设雨水花园、雨水生态滤池、雨水塘等进行净化回用，并设置溢流口与市政管线连通。

3、充分利用现有绿地，有条件的情况下改造建设下沉式绿地、雨水花园、雨水塘等调蓄雨水；对于无空间改造的小区，可通过雨水转输技术（植草沟、渗透沟渠、雨水管道）将雨水转输至周边集中绿地空间，建设大型集中式调蓄利用设施（如阶梯湿地、多功能调蓄水景等）并设排放泵，溢流接入市政雨水管线或附近行洪水体。

小区绿地应结合规模与竖向设计，在绿地内适宜位置可增设下沉式绿地、雨水花园、雨水塘等可消纳屋面、路面、广场及停车场径流雨水的海绵设施；设施下沉深度较大，坡度较大时，应考虑设计边坡挡墙支护，避免径流冲刷造成边坡土壤塌陷；对于大型绿地集中调蓄利用设施，其溢流排放系统应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 道路与广场

6.3.1 一般规定

1、城市道路与广场海绵城市建设目标以消减地表径流与控制面源污染为主、雨水收集利用为辅。

2、城市道路与广场绿化带宜采用下沉绿地、生物滞留设施、植草沟等设施。面积、宽度较大的绿化带、交通岛、渠化岛等区域可依据实际情况采用雨水湿地、雨水花园、湿塘、调节塘、调节池等设施。城市道路与广场绿化带内海绵设施（如下沉绿地、雨水湿地、雨水花园、湿塘、植草沟），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。

3、城市道路海绵城市设计内容包括道路高程设计、绿化带设计、道路横断面设计、海绵设施与常规排水系统衔接设计。

4、城市道路雨水控制与利用工程的建设应根据水文地质、施工条件以及养护管理方便等因素综合考虑确定，要注重节能环保和经济效益。

6.3.2 典型流程

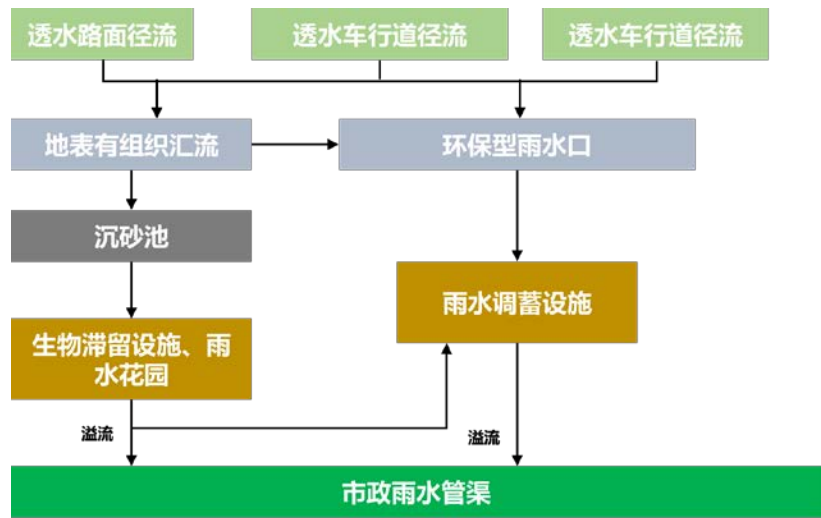


图 6-2 道路/广场径流组织形式

城市道路海绵设施的选用，应根据项目总体布置、水文地质等特点进行，可参照选用如下：

- （1）渗透设施：①透水砖铺装；②下沉绿地；③简易型、复杂型生物滞留设施（如：生物滞留带、雨水花园、生态树池等）；④透水水泥、沥青混凝土路面等；
- （2）调节设施：①调节塘；②调节池等；
- （3）转输设施：①植草沟（干式、湿式、转输型）；②渗管、渗渠等；
- （4）截污净化设施：①植被缓冲带；②初期雨水弃流设施（池、井）。

6.3.3 道路设计指引

新建道路应落实海绵城市海绵城市建设要求。城市道路的海绵化设计应结合道路功能、道路竖向和景观要求，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，便于路面径流雨水汇入海绵设施。

- 1、城市道路的海绵设施应优先布置在道路侧分带、宽度大于 2 米的道路中分带以及道路外侧市政绿地。在道路侧分带能够布置海绵设施，并且设施的规模可以满足相关要求时，应优先考虑利用道路侧分带布置海绵设施。
- 2、机动车道宜沿用传统路面。
- 3、市政道路人行道宜采用透水铺装，非机动车道可采用透水沥青路面或透水水泥混凝土路面。

4、道路绿化带高程宜低于路面。道路绿化带宜建为下沉式绿地、植生滞留槽、植被草沟、生态树池等形式，并可在内设置渗排一体化设施、雨水收集模块等设施加强雨水的入渗及回用。在坡度较陡的路段，绿化带应采用梯田式。道路绿化带内的植物应选用耐污耐涝的乡土植物。

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带（中分带不建议接纳客水），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海绵设施进行消纳。当红线内绿地空间充足时，也可利用红线内低影响设施消纳红线外空间的雨水径流。海绵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、路牙宜采用孔口路牙、格栅路牙或其他形式，确保道路雨水径流能够顺利流入绿化带。

7、雨水口宜设于绿化带内，采用环保型雨水口，雨水口内宜设截污挂篮，且雨水口高程宜高于绿地而低于路面；市政道路沿线可因地制宜建设集中式雨水调蓄设施；土地条件许可时，道路沿线可建设雨水生态塘或人工湿地，道路雨水可引入其中处理、调蓄和储存。

8、现状道路改造时，应主要针对人行道、绿化带进行海绵体改造。条件许可时，宜对现状道路横断面优化改造。

9、绿色植物宜选用耐淹、耐旱植物，以乡土植物为主，比例不应低于 80%。

6.3.4 广场设计指引

广场的海绵型设计，应符合以下规定：

- 1、在地质条件允许时，广场应采用透水铺装。
- 2、广场树池应采用生态树池。
- 3、当广场有水景需求时，宜结合雨水储存设施共同设计。
- 4、当广场位于地下空间上方时，设施必须做防渗处理与排放处理，超标雨水应就近排到附近水体。

5、位于城市易涝点的广场，在满足自身功能的前提下，宜设计为下沉式。

6.4 城市绿地

6.4.1 一般规定

- 1、城市绿地海绵式雨水系统设计对象包括公园绿地、附属绿地及防护绿地。

2、城市绿地海绵城市目标以雨水调节、控制面源污染、收集利用为主，并应尽可能收集处理周边硬化表面的径流，提高区域内涝防治能力。

3、城市绿地应通过合理竖向设计收集消纳周边汇水面（如广场、停车场、建筑与小区等）的雨水径流，绿地中的海绵设施布置应结合城市排涝规划要求。

4、城市绿地广场设计应充分利用景观水体和植被，建议绿地设计为下沉式绿地，采用雨水花园、植草沟、雨水塘以及雨水湿地等雨水滞蓄、调节设施滞留、净化及传输雨水。

5、城市绿地广场中城市绿地广场设计应注重与景观相结合，通过布置多功能调蓄设施，在满足景观要求的同时，对雨水水质和径流量进行控制，并对雨水资源进行合理利用。

6、城市绿地广场中湿塘、雨水湿地等大型海绵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。

7、绿色植物宜选用耐淹、耐旱植物，以乡土植物为主，比例不应低于 80%。

6.4.2 典型流程

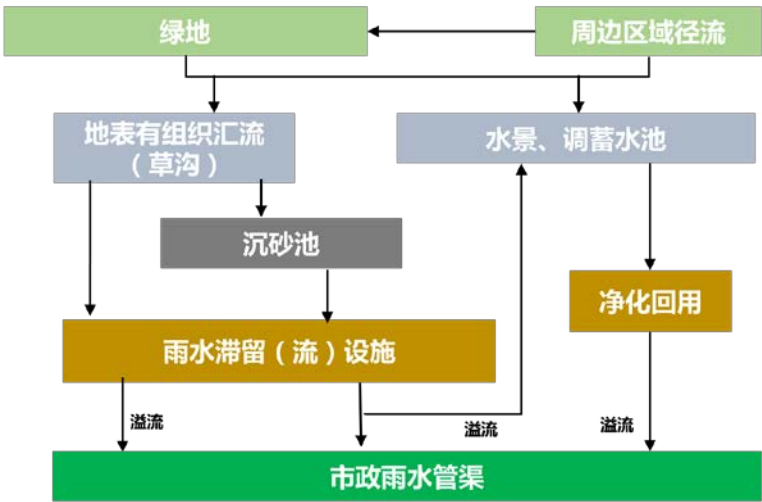


图 6-3 城市绿地径流组织形式

可采用的海绵技术设施主要有：

- （1）渗滞设施：包括透水铺装、下沉式绿地、生物滞留设施、植草沟等；
- （2）储存设施：包括雨水花园、储水池、雨水桶等；
- （3）调节设施：包括调节塘等；
- （4）转输设施：包括转输型植草沟、渗管（渠）等；
- （5）净化设施：包括植被缓冲带、初期雨水弃流设施和人工湿地等。

6.4.3 绿地设计指引

城市绿地可利用空间较大,具有海绵化建设的设计优势,除对自身径流进行综合控制外,应与周边场地衔接,通过合理的竖向设计,承担更大的汇水面积雨水径流,达到相关规划提出的控制目标与指标要求。

1、绿地的海绵化设计应优先使用简单、非结构性、低成本的海绵设施;不同海绵设施应符合场地整体景观设计,并应与总平面、竖向、建筑、道路等相协调。

2、城市绿地的竖向设计应以总体设计布局及控制高程为依据,营造有利于雨水就地消纳的地形并应与相邻用地标高相协调,有利于相邻其他用地的排水。在场地条件允许的地块,可将绿地周边道路和地块的雨水径流引入绿地进行处理和调蓄,其收水区范围内应结合绿地的面积、场地竖向和周边的河流水系等要素进行划定。周边区域雨水径流进入城市绿地内的生物滞留设施、雨水湿地前,应利用沉淀池、前置塘、植草沟和植被过滤带等设施对雨水径流进行预处理。

3、城市绿地内的道路应优先采用透水、透气型铺装材料及可再生材料。绿地内不透水的路面雨水径流和透水路面超渗水应引入两边绿地入渗。透水铺装除满足荷载、透水、防滑等使用功能和耐久性要求外,应符合下列规定:

- (1) 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;
- (2) 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;
- (3) 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 600mm 并应设置排水层。

4、绿地中海绵设施内的植物应根据设施水分条件、径流雨水水质进行选择,应选用抗逆性强、节水耐旱、抗污染、耐水湿的乡土植物,应以乔灌木结合为主。

5、绿地土壤应满足雨水渗透的要求,不满足渗透要求的应进行土壤改良。土壤改良宜使用枯枝落叶等园林绿化废弃物、有机肥、草炭等有机介质,促进土壤团粒结构形成,增加土壤的渗透能力。土壤的理化性状指标可按现行行业标准《绿化种植土壤》CJ/T340 的规定执行。

6、城市绿地中的景观水体、草坪绿地和低洼地的建设宜和海绵城市建设要求相衔接,设计为集雨水调蓄、净化和生态景观为一体的多功能生态设施。

绿地适宜位置可建雨水收集回用系统,为确保安全和节省用地,雨水收集回用系统可建于地下。

雨水利用应以入渗、景观水体补水与市政杂用水为主，避免回用水质要求高、建设维护费用高的净化回用。土壤入渗率低的公园应以储存、回用设施为主；城市绿地内的景观水体应作为雨水调蓄设施，根据汇水面积及降水条件等确定调蓄空间的大小，并与景观设计相结合。

调蓄池应设溢流口，超过设计标准的雨水可排入市政管网。景观水体可与蓄水设施，湿地建设有机结合，雨水经适当处理可回用于公园杂用水、道路浇洒等。

6.5 城市水系

6.5.1 一般规定

1、城市水系主要包括城市江河、湖泊、沟渠等，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，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。

2、城市水系海绵化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海绵城市建设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。

3、应对现状河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等城市自然水体划定蓝线进行保护，严禁乱挖乱填的开发建设行为；现状占用河道的非法建设用地，应逐步清退后进行生态修复，恢复水体功能。

4、现状城市水面率不满足要求的市县，应结合旧改、公园建设等项目的推进，适当增加城市水体，作为水量调蓄和水质净化的重要空间。

5、城市水系严禁新增污水排口，新增雨水排口应建设面源控制措施，并进行水质监测，不超过接纳水体水质管理目标。新增雨水排口应采用生态排口，如一体式生态排口、漫流生态排口等。

6.5.2 典型流程

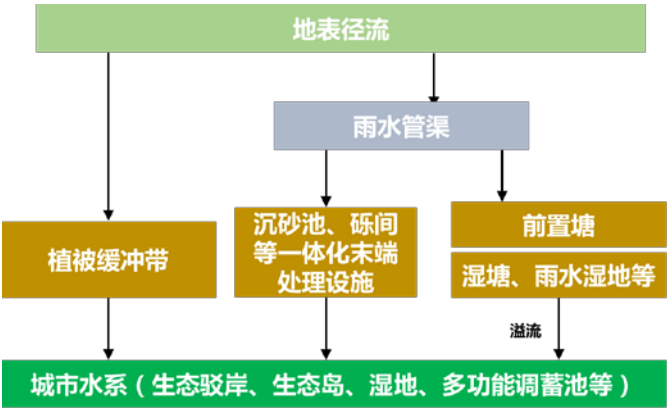


图 6-4 城市水系径流组织形式

可采用的低影响开发技术设施主要有：

- （1）渗滞设施：包括滞留（流）设施（植被缓冲带、生态驳岸、生态岛等）；
- （2）储存设施：包括雨水湿地、储水池等；
- （3）净化设施：包括植被缓冲带、雨水排出口末端处理设施（沉砂过滤池、砾间等）。

6.5.3 水系设计指引

城市水体的海绵建设宜采用恢复河流自然生态的方式，结合湿地、初期雨水处理设施等提高水体对洪峰和污染物的控制能力。

- 1、城市水体断面宜采用生态断面，并与周边城市景观充分结合。城市江河宜选用安全性和稳定性高的护岸形式，如植生型砌石护岸、植生型混凝土砌块护岸等；对于流速较缓的河段可选用自然驳岸。
- 2、城市水系滨水带绿地空间宜选择湿塘、雨水湿地、植被缓冲带等措施进行雨水调蓄、消减径流及控制污染负荷；滨水带步行道与慢行道应满足透水要求。
- 3、城市水系禁止新增排污口，新增雨水排口应采取面源污染控制措施（可采用雨水塘、雨水湿地、生物浮岛等形式），并进行水质监测，不得超过受纳水体水质管理目标。
- 4、对于城市水体水质功能要求较高、排涝高风险区，可利用现有滨水缓冲带等河道蓝线，在河道蓝线内用地设计自然水体缓冲区等，缓冲区内可布置湿塘、前置塘、湿地、缓冲塘、渗透塘等。根据区域排水量、污染控制目标，确定缓冲区的面积、容积；根据上游排口标高、下游水体水位明确缓冲区水域竖向标高；自然水体缓冲区应设置水质污染风险防范措施，以防止发生上游污染事件后对主水域的水质破坏。

6.6 生态修复

6.6.1 一般规定

1、加强对城市山体等重要生态资源的保护，恢复城市外围山体绿地的水源涵养、净化功能，并应与城市防洪系统相协调。可在保障安全和生态功能的基础上，探索多元的生态资源修复利用模式。

2、加强对河流水体岸线和海岸线的保护与修复，系统开展江河、湖泊、湿地、海岸线等的生态修复，实现各市、县、自治县河流生态岸线建成区段比例不应低于 60%，非建成区段比例不应低于 90%；海岸带生态岸线比例保留区段、海洋保护区段不应低于 95%，旅游休闲娱乐区段不低于不应低于 80%，农渔业区段、特殊利用区段、矿产与能源区段不应低于 70%，港口航运区段、工业与城镇用海区段不应低于 50%。

3、在保障水安全的基础上，恢复和保持河湖水系的自然连通和流动性。通过水生生物、底栖生物的恢复，提升水体自净能力，提高城市生态质量。

4、通过自然或人工生态修复手段，对棕地进行清洁、利用和再开发，推动棕地所在城市及区域在经济、社会、环境等多方面的协调和可持续发展。

6.6.2 山体生态修复设计指引

1、山体修复应与城市防洪系统相结合，综合使用工程技术手段与生态技术手段，实现防洪安全与生态景观的统一。

2、分析山体重要生态资源破损的原因，主要分为人为原因和自然原因，重点分析生态敏感区的破损状态。

3、根据山体的地位，按风景游憩型、生态恢复型、再生利用型等分类方式，明确山体生态修复的治理模式，确定开展生态修复的措施和方法。山体修复的措施方法主要包括破损山体治理和山体植被修复两种。破损山体治理方法主要有削坡开平台、砌筑鱼鳞坑、山体基部覆土回填和挂网喷播。山体植被恢复，一般采用保护优化、防治为本、修复辅助的原则，将山区植被分为植被保护区、植被防治区和植被修复区，分类进行修复。

6.6.3 水体生态修复设计指引

1、从三维空间考虑，以流域为单位统筹水系上下游、左右岸环境，找出水体生态修复的关键问题，针对性提出由水体到堤岸多层次立体修复手段。在尊重水系统自然演替规律的

视角，对生物多样性和生态系统完整性进行保护。

2、水体生态修复的主要方法有：水质净化、植被恢复和生境重塑，在保护现有水系生物栖息地的基础上，依据水生生物生存、繁衍需要，营建生物栖息地环境，增加生境多样性和空间异质性。

3、河道生物多样性恢复时，应以恢复生物的栖息地为重点，将生态学与工程学相结合，恢复河流水陆交错区的功能，建造能够适合水生动植物、两栖动物生存繁殖的河岸工程生态结构。根据所要修复目标生物的生活习性，可设置鱼道、浅滩—深塘等，还可设置丁坝、乱石堆或河岸的覆盖物模拟水生生物喜爱的活动环境，以修复河道内的栖息地。

4、河道自然形态恢复时，可在满足防洪要求的基础上，对河道硬化河岸进行软化，并采用人工营造栖息地相应生态技术，如生态抛石护岸、生态鱼桩、人工鱼礁、岩石缓流区、构建小型丁坝、生态潜坝、遮蔽物、砾石群等设施，通过仿自然的方式构建生物栖息地。

5、对海岸进行分类修复。淤泥质海岸，主要通过清理淤泥、疏浚河道、盐土改良、耐盐植被种植等方式进行生态功能的恢复。基岩质海岸，通过生态护岸建设、岸体绿化带景观建设、海堤边坡植被带铺设等，部分区域采取水下生态潜堤建设，打造海岸结合的生态廊道和亲水海岸风貌。

6.6.4 棕地生态修复设计指引

1、城市工业废弃地，通过植物的恢复、土壤污染物处理、污水处理和废弃物再处理等多种方式，对废弃物进行生态和景观改造。根据废弃地污染的程度，土壤污染物处理方法主要有移除法、掩盖法和自然保护法。

2、矿区废弃地，可通过基质改良、植被再生、污水处理和场地特色营造等多种手段，尽可能恢复天然表土特性。

3、垃圾填埋场，主要通过植被的修复、土壤的治理和填埋气及渗滤液的处理，改良填埋场周边水环境和大气环境，减轻对人类健康的影响，恢复堆放垃圾周边的生态景观。

7 规划管控机制

7.1 管理主体

海绵城市建设是多部门协同推进的一项重大工作，省住房和城乡建设厅为省级海绵城市规划建设主管单位，负责统筹管理和协调各市、县、自治县的海绵城市建设工作，出台省级海绵城市建设相关规划设计标准、管控审批和绩效考核文件。省规划委、水务厅、财政厅、国土厅、林业厅、发改委、环保厅、农业厅、气象局等相关部门配合相关工作。

各市、县、自治县人民政府负责市县海绵城市建设任务的分解与考核工作，并相应纳入到政府部门绩效考核。其中，城乡规划行政主管部门负责编制海绵城市相关规划和落实“两证一书”的管控环节，发改、水务、住建、园林、林业、环保等相关部门在其工作内容中与海绵城市进行衔接，落实海绵城市建设任务。

7.2 管控流程与要求

为落实《海南省人民政府办公厅关于推进海绵城市建设的实施意见》的要求，结合各市、县、自治县现行管控机制，在不增加管控环节的基础上，从规划编制和审查、建设项目设计和审查两条主线入手，落实海绵城市建设的具体要求，从而将海绵城市的建设要求落实到城市总体规划、详细规划和相关专项规划的编制过程中，落实到建设项目的规划建设管控过程中。

7.3 规划编制管控要求

各市、县、自治县海绵城市主管部门，应按《海绵城市专项规划编制暂行管理规定》及本导则的要求，组织编制市、县、自治县总体规划层次的海绵城市专项规划和试点区域或重点片区详细规划层次的海绵城市专项规划。

各市、县、自治县规划主管部门，在编制总体规划、控制性（修建性）详细规划等法定性规划时，应要求纳入海绵城市建设的相关要求。

7.3.1 总体规划层次海绵城市专项规划

各市、县、自治县总体规划层次的海绵城市专项规划，必须上报至省住房和城乡建设厅组织专家评审。专家评审通过后，报市、县、自治县人民政府审批后印发，同时将规划成果（附专家评审意见）上报省住房和城乡建设厅城市建设处、省规划委备案。

7.3.2 详细规划层次海绵城市专项规划

试点区域或重点片区详细规划层次的海绵城市专项规划，完成专家评审后，应经市、县、自治县人民政府审批后印发，并报省住房和城乡建设厅城市建设处、省规划委备案；一经印发，应将海绵城市建设要求纳入建设项目相应的审查审批过程中。

7.3.3 法定规划

各市、县、自治县在编制或修编城市总体规划时，应纳入海绵城市专项规划中确定的年径流总量控制率、径流污染控制率、排水防涝标准等相关指标和内容，和海绵城市专项规划中明确需要保护的生态空间格局作为城市总体规划空间开发管制的要素之一。

在编制或修编控制性详细规划时，应同步编制海绵城市详细规划或海绵城市专题研究，与控制性详细规划一同进行专家评审，上报市、县、自治县人民政府审批，并报省住房和城乡建设厅城市建设处、省规划委备案。在海绵城市详细规划或海绵城市专题中，确定地块年径流总量控制率、年径流污染削减率等控制指标，并纳入控规图则中，进而将海绵城市建设要求依法纳入建设项目相应的审查审批过程中。

7.3.4 相关专项规划

在新编各层次水体规划、绿地规划、竖向规划、排水防涝、道路建设等规划中，应优先将海绵城市相关指标纳入编制方案；在对已编制规划进行整合或修编时，建议增加海绵城市内容。

7.4 建设项目管控要求

建设项目管控应从立项开始到竣工验收，涉及发改、国土、规划、住建、水务、环保、林业、园林等部门。各市、县、自治县人民政府应根据本市县部门的职责分工，详细制定海绵城市建设任务的分解，并相应纳入各市县部门绩效考核的内容。本导则主要针对规划部门的工作任务进行细化。

各市、县、自治县规划行政主管部门应依据详细层次或总体层面海绵城市专项规划的相关要求，将年径流总量控制率等指标纳入“两证一书”的管理审批流程，对项目建设单位提出具体要求，开展建设工作。

7.4.1 建设项目选址意见书

以划拨方式申请国有土地使用权的项目，项目建设单位在编制选址研究报告时，应研究项目是否位于特殊污染源地区（石油化工生产基地、加油站、大量生产或使用重金属企业）、地质灾害易发区（陡坡坍塌、地面变形、滑坡灾害）及其他安全隐患地区等特殊地区，确实位于上述地区的，阐明其不进行海绵城市建设的原因；不位于上述地区的，应根据资料检索或现场踏勘的土壤、地下水等相关资料，明确开展海绵城市建设的条件。

城乡规划主管部门，对符合建设条件的项目，应在出具的《建设项目选址意见书》中，写入“项目应将按国家、地方海绵城市建设的相关要求，同步开展海绵设施的规划、设计、建设和验收”。

7.4.2 建设用地规划许可证

已编制详细层次海绵城市专项规划和控制性详细规划中海绵专题的地区，要求将年径流总量控制率与容积率、建筑密度等一并纳入用地规划条件。未编制详细层次海绵城市专项规划控制性详细规划中海绵专题的地区，应结合本市、县、自治县已经批复的总体层次海绵城市专项规划、本导则（表 6-2 建议值）及相关规范标准的要求确定年径流总量控制率，并纳入用地规划条件。

各市、县、自治县城乡规划主管部门，应将含年径流总量控制率的规划条件，写入划拨方式提供土地使用权项目的建设用地规划许可证中，写入出让方式提供土地使用权的出让合同和建设用地规划许可证中。

7.4.3 建设工程规划许可证

项目建设单位应按照土地合同、建设用地规划许可证中规划条件中海绵城市建设的目标与指标要求，编制海绵设计方案。海绵设计方案中，可采用容积法、模型法确定海绵设施的选择与布局，将计算书或数学模型（容积法、模型法可参考附件 9.5）、“三图一表”（区域排水系统图、项目汇水分区图、设施布局图、设计方案自评表）与总设计方案一起进行专家评审。

项目建设单位将计算书或数学模型、“三图一表”及专家评审意见作为报批材料之一，申请办理建设工程规划许可证。若市县管控流程中，施工图审查为建设工程规划许可证前置条件的，在报批材料中还应出具符合 7.4.4 中所述要求的施工图审查意见。

表 7-1 设计方案自评表

指标类型	序号	指标名称	目标值	方案自评值
核心目标	1	年径流总量控制率（%）		
其他目标	2	面源污染削减率（%）		
	3	雨水管网设计暴雨重现期（年）		

各市、县、自治县城乡规划主管部门对报批材料进行形式性审查，经核查符合要求后颁发建设工程规划许可证；不符合要求的，要求其进行修改并重新提交报批材料直至满足要求，再颁发建设工程规划许可证。

7.4.4 施工图审查

项目建设单位应要求设计单位按照国家、地方海绵设施相关设计标准、规范和规定，进行施工图设计。

省住房和城乡建设厅负责邀请行业内专家对审图机构进行海绵城市施工图审查培训，经审查培训后符合要求的审图机构，纳入“海南省海绵城市施工图审查机构库”。

各市、县、自治县建设主管部门，应委托“海南省海绵城市施工图审查机构库”中的审图机构，对项目的海绵设施相关的施工图纸进行审查。审图机构审查项目施工图设计文件，确定其是否满足国家和地方海绵设施相关设计标准、规范和规定，符合要求的出具“项目报送的施工图设计文件，经施工图海绵审查，符合海绵城市相关标准、规范和规定”的结论。各市、县、自治县建设主管部门，根据审图机构的结论核发《建筑工程施工许可证》。

若施工图纸有变更，需要重新进行审查。

7.4.5 项目施工与监理

海绵相关设施应按照“先地下、后地上”的顺序进行，科学合理统筹施工，相关部门分项工程的施工应符合设计文件及相关规定的要求，监理单位应全过程监督并保存相关设施的监理材料。

7.4.6 规划验收、竣工验收

各市、县、自治县城乡规划主管部门组织规划专项规划时，对于未按审查通过的施工图设计文件施工的，规划验收应定为不合同。

各市、县、自治县住建主管部门等组织工程综合验收和备案时，对于未按审查通过的施工图设计文件施工的，竣工验收应为不合同。

规划验收和竣工验收不合同的项目，应限期整改到位。

7.5 绩效评价与考核

7.5.1 总体要求

1、省住房和城乡建设厅负责对各市、县、自治县海绵城市建设进行绩效评价和考核，对象为各市、县、自治县人民政府。

2、海绵城市建设绩效评价与考核工作，应坚持客观公正、科学合理、公平透明、实事求是的原则；采取实地考察、查阅资料及监测数据分析相结合的方式。其中试点城市三亚必须有监测数据，鼓励其他有条件的市、县、自治县应安装具有监测功能的设备。

3、海绵城市建设绩效评价与考核工作，分以下两个阶段：

（1）城市自查。各市、县、自治县应按表 7-2 做好自评，每年 12 月底前提交本年度的自评材料和佐证材料至省住房和城乡建设厅城市建设处。

（2）省级评价。省住房和城乡建设厅城市建设处组织海绵城市建设专家考察组或委托第三方机构，组织对本省内实施海绵城市建设的城市进行绩效评价与考核。绩效评价与考核结束后，将结果纳入市县绩效考核指标，并报送住房城乡建设部。

7.5.2 绩效评价与考核体系

海绵城市建设绩效评价与考核工作，主要从组织工作机制、海绵城市专项规划编制、制度建设情况、建设项目推进情况、教育与宣传情况等 5 个方面来进行考核。

表 7-2 海南省海绵城市绩效评价与考核指标表

序号	评价因子	基本要求	评价方式
1	组织工作机制构建	1、组织领导机制情况：是否成立海绵城市建设的工作机制（机构），是否形成多部门联运机制。 2、工作机制（机构）工作：是否有例会、工作月报等。	资料评价
2	海绵城市相关规划编制	1、专项规划的编制：是否编制总体层次的海绵城市专项规划，并完成专家评审。 2、是否纳入法定规划：是否将海绵城市建设指标纳入控制性详细规划。	专家评价、资料评价
3	制度建设情况	1、规划管控：是否将海绵指标或要求纳入土地出让和“一书两证”等管控环节。 2、建设管控：是否将海绵城市相关要求纳入施工图审查、竣工验收等环节。 3、是否在城市规划中划定蓝线、绿线并制定相应管理规定。 4、是否出台或参考执行较为健全、规范的技术文件，能够保障当地海绵城市建设的顺利实施。	资料评价

序号	评价因子	基本要求	评价方式
		5、是否制定海绵城市建设投融资、PPP 管理方面的制度机制。 6、是否出台本地的绩效考核与奖励机制。 7、是否制定促进相关企业发展的优惠政策。	
4	建设项目推进情况	1、是否按汇水分区，以问题导向和目标导向，按“源头减排、过程控制、系统治理”形成项目库。 2、本年度市、县、自治县内内涝治理情况。 3、本年度市、县、自治县内黑臭水体治理情况。 4、是否按实施计划完成建设数量和面积。	专家评价、资料评价
5	教育与宣传情况	1、是否有计划地开展海绵城市专业人员培训。 2、是否开展平面、电视等媒体宣传。 3、是否开展学校等公众海绵教育。	资料评价、随机调查

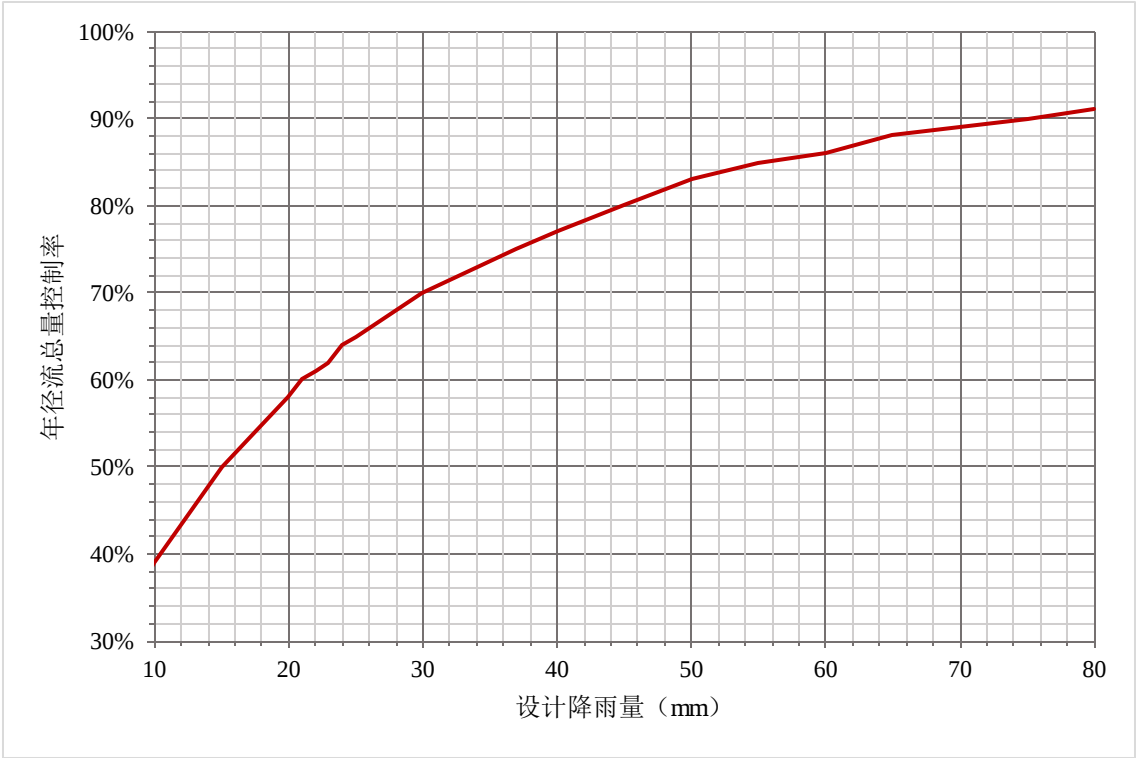
8 附录

8.1 年径流总量控制率曲线

设计降雨量是各城市实施年径流总量控制的专有量值，考虑海南省不同城市的降雨分布特征不同，各城市的设计降雨量值应单独推求。

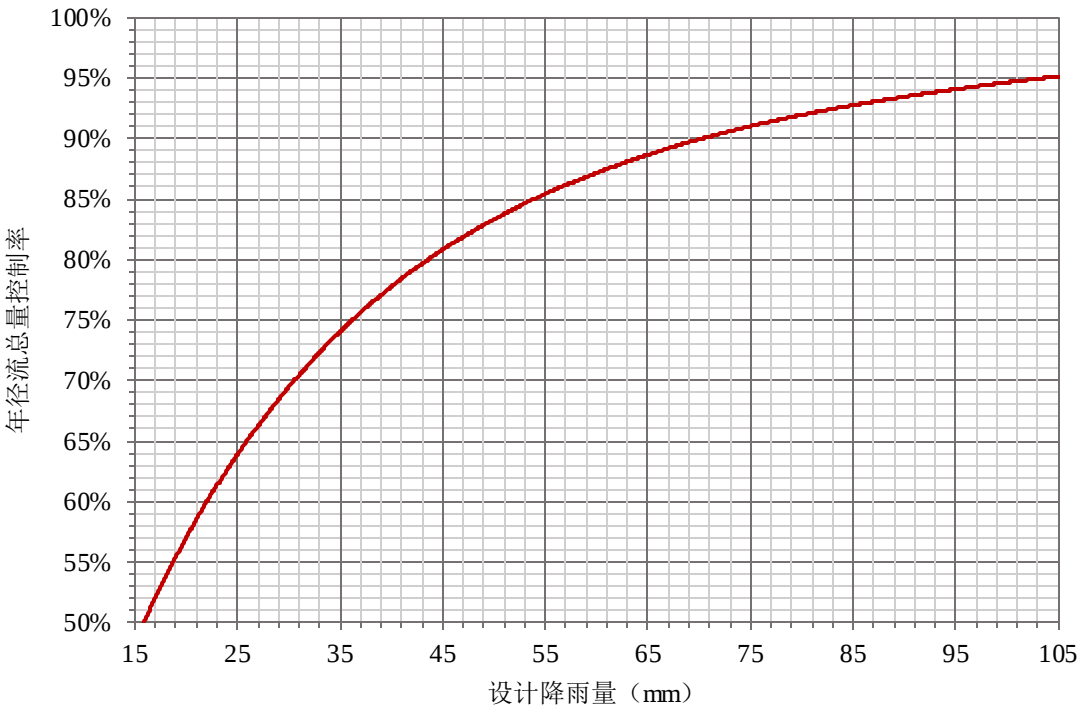
为给全省海绵城市建设提供基础性参考，本导则按地理位置选取了海口、儋州、东方、琼中、琼海、三亚、陵水、三沙八个代表城市，进行年径流总量控制率曲线的划定和年径流总量控制率对应的设计降雨量值(依据 1986-2015 年降雨资料计算)。其他城市的设计降雨量值可根据以上方法获得。资料缺乏时，可根据当地长期降雨规律和近年气候的变化，参照与其长期降雨规律相近的城市的设计降雨量值。

8.1.1 海口市年径流总量控制率曲线



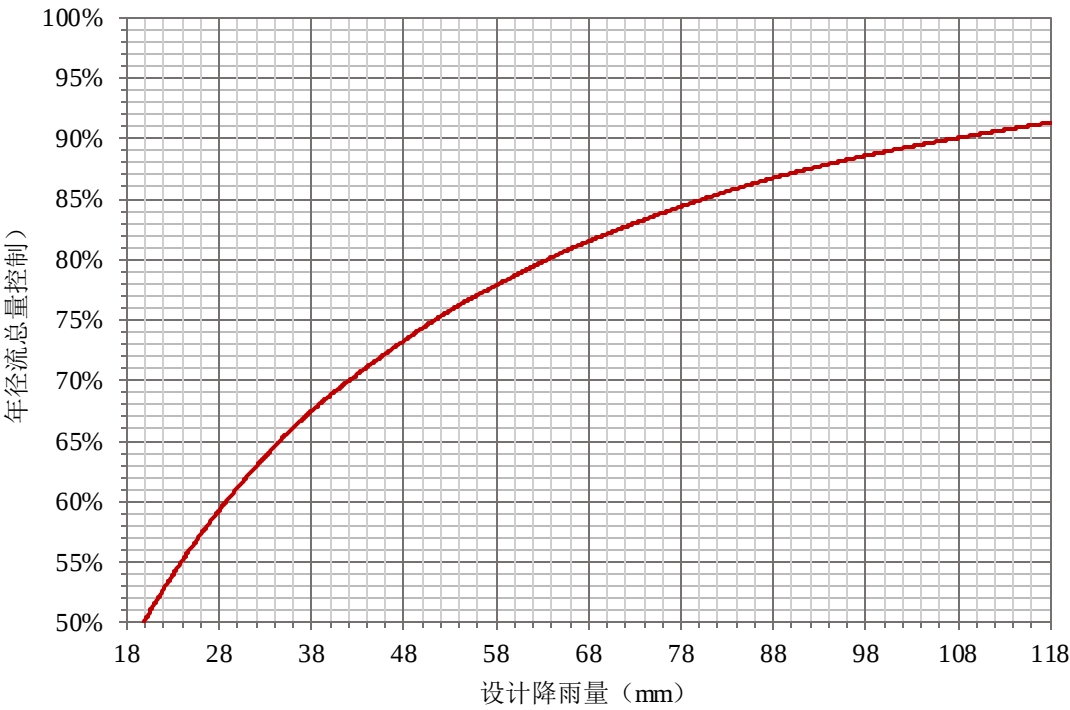
城市	不同年径流总量控制率对应的设计降雨量					
	60%	65%	70%	75%	80%	85%
海口	21.0	25.0	30.0	37.0	45.0	55.0

8.1.2 儋州市年径流总量控制率曲线



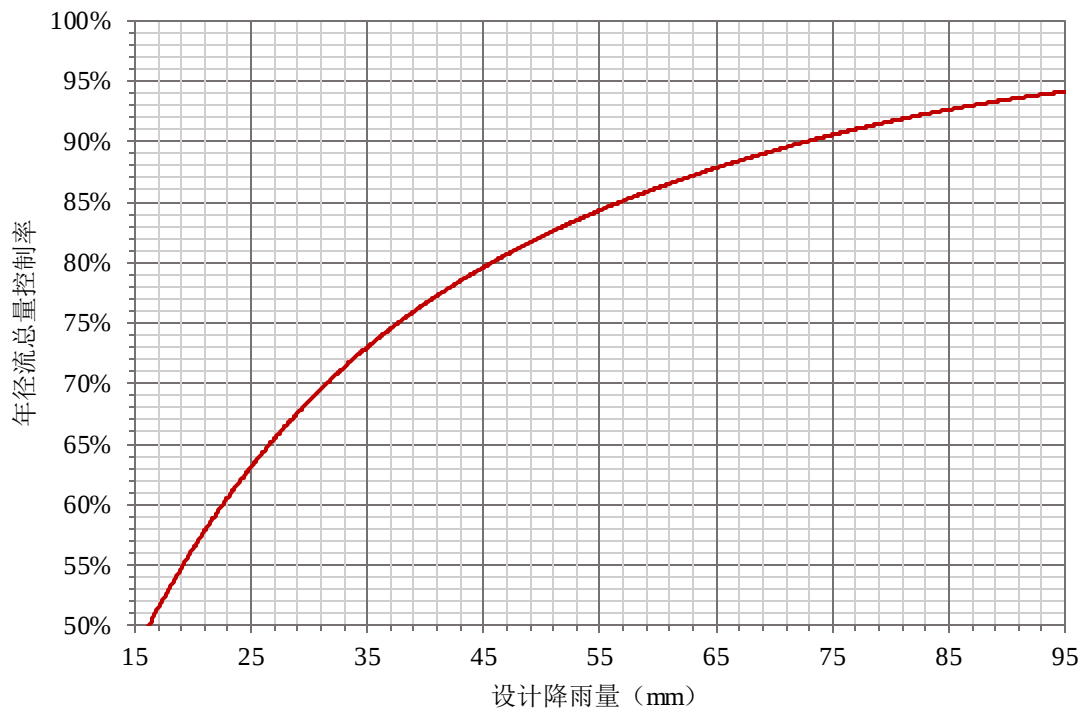
城市	不同年径流总量控制率对应的设计降雨量					
	60%	65%	70%	75%	80%	85%
儋州	22.0	25.9	30.5	36.2	43.6	53.9

8.1.3 东方市年径流总量控制率曲线



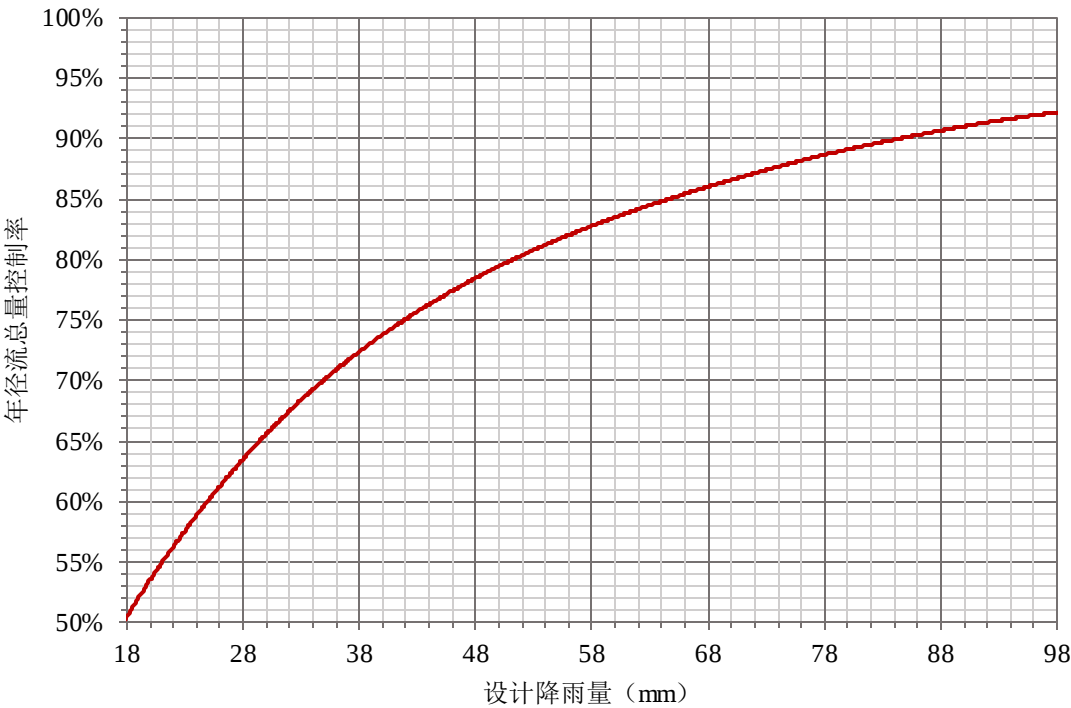
城市	不同年径流总量控制率对应的设计降雨量					
	60%	65%	70%	75%	80%	85%
东方	28.7	34.6	42.1	51.3	63.5	80.5

8.1.4 琼中黎族苗族自治县年径流总量控制率曲线



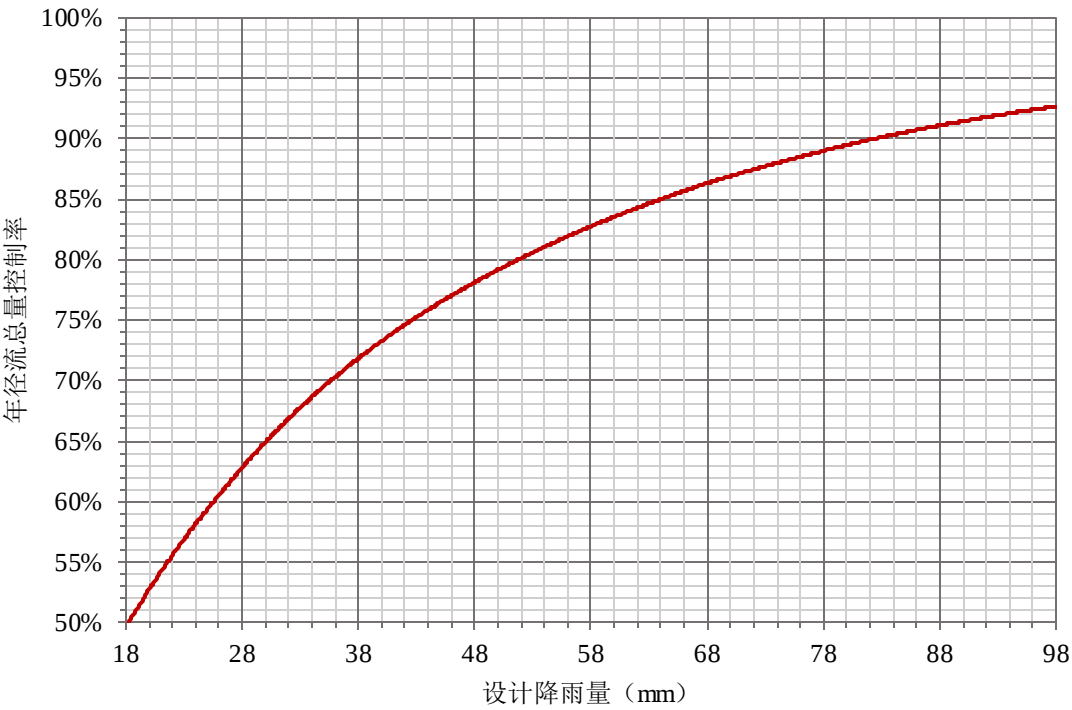
城市	不同年径流总量控制率对应的设计降雨量					
	60%	65%	70%	75%	80%	85%
琼中	22.6	26.6	31.5	37.6	45.7	56.7

8.1.5 琼海市年径流总量控制率曲线



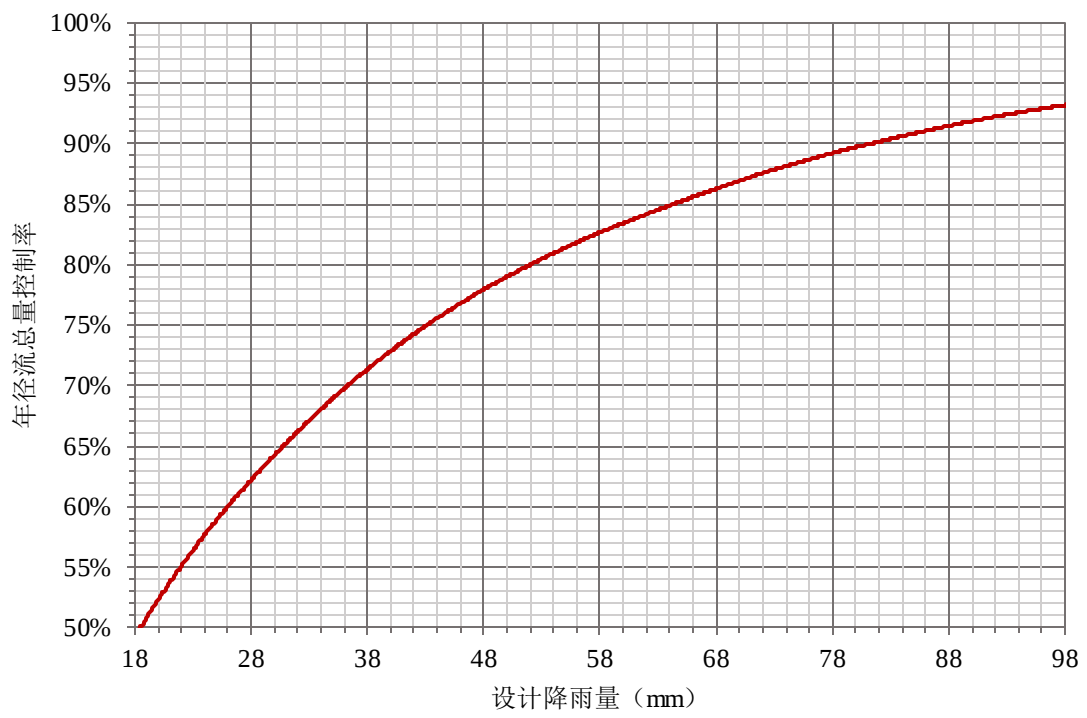
城市	不同年径流总量控制率对应的设计降雨量					
	60%	65%	70%	75%	80%	85%
琼海	24.9	29.4	34.9	41.9	51.2	64.6

8.1.6 三亚市年径流总量控制率曲线



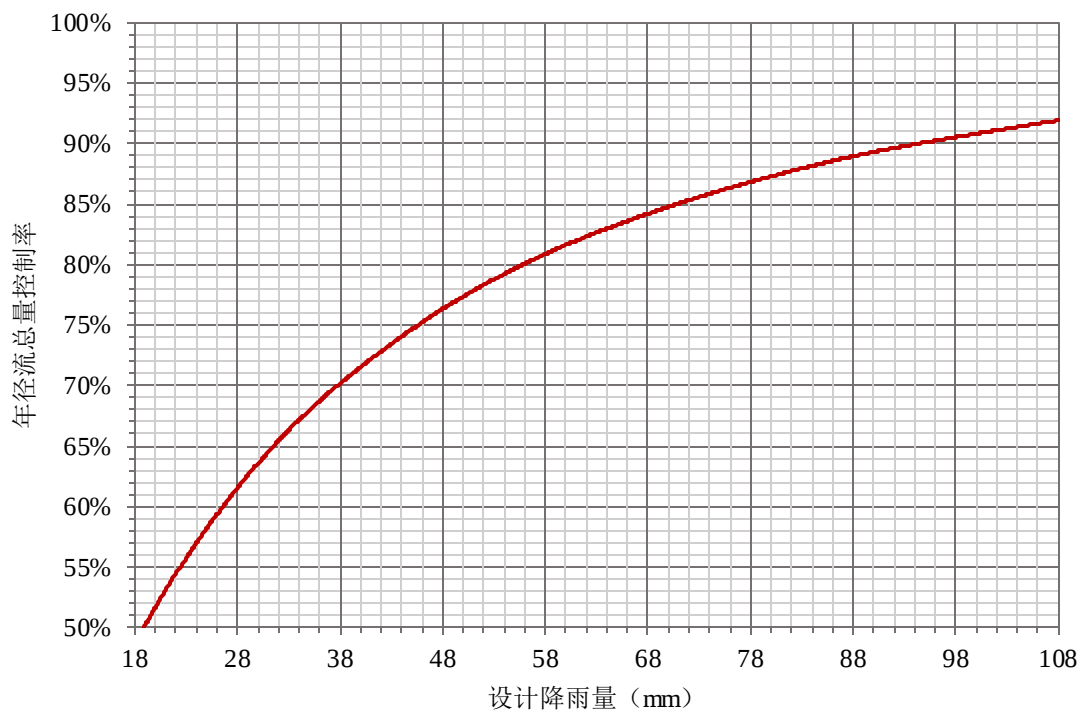
城市	不同年径流总量控制率对应的设计降雨量					
	60%	65%	70%	75%	80%	85%
三亚	25.3	29.9	35.4	42.5	51.7	64.0

8.1.7 陵水市年径流总量控制率曲线



城市	不同年径流总量控制率对应的设计降雨量					
	60%	65%	70%	75%	80%	85%
陵水	26.0	30.8	36.3	43.1	52.0	64.3

8.1.8 三沙市年径流总量控制率曲线



城市	不同年径流总量控制率对应的设计降雨量					
	60%	65%	70%	75%	80%	85%
三沙	26.6	31.5	37.7	45.6	55.8	70.8

8.2 植物应用名录

各市、县、自治县应在海绵城市专项规划编制中进行当地建设的植物选择，植物选择时应综合考虑耐湿、耐旱、抗风等特性；并应以乡土植物为主，乡土物种比例不应低于 80%。

植物类别	推荐植物
乔木	红花羊蹄甲、铁刀木、红千层、串钱柳、龙牙花、火焰木、重阳木、乌桕、黄梨木、黄金榕、海南木莲、黄金香柳、水翁、水蒲桃、水石榕、番石榴、白千层、盆架子、榕树类、水杉、落羽杉、池杉、垂叶榕、小叶榕、大王椰子、酒瓶椰、散尾葵、蒲葵、树菠萝、海芒果*、海滨猫尾木、水黄皮、黄槿、长柄银叶树、银叶树、湿地松、木姜子
灌木	木芙蓉、鸭脚木、龙牙花、车轮梅、露兜树、红刺露兜、金边露兜、阔苞菊、草海桐、莲叶桐、南天竹
草本	红龙草、花叶良姜、百日草、孔雀草、松叶蕨、海南卷柏、翠云草、木贼、节节草、水蕨、满江红、合果芋类、李氏禾、香根草、芦竹、花叶芦竹、旱伞草、千屈菜、路易斯安娜鸢尾、红莲子草、三白草、灯心草、文殊兰、红花文殊兰、红蓼、蛇莓、翠芦莉、海芋、萱草、蜘蛛兰、蟛蜞菊
水生植物	风车草、富贵竹、菖蒲、水生美人蕉、花叶芦苇、荷花、睡莲、水生美人蕉、千屈菜、铜钱草、鸢尾、羽毛草

注：“*”为有毒品种，应远离游人种植。

8.3 基础资料

编制海绵城市专项规划，应收集相关规划的资料，以及气象、水文、地质、土壤等基础资料和必要的勘察测量资料，用于分析海绵城市建设条件、构建不同用地管控模型、确定海绵设施规模以及其它工程设计中。

8.3.1 降雨

海南岛是同纬度世界上降雨量最多的地区之一，降水总量多，时空分布不均，冬春雨少，夏秋雨多。平均年降雨量约为 1640mm，年降雨量呈环状分布，东部多于西部，山区多于平原，山区又以东南坡最多。东部多雨区降雨量平均达 2000mm 左右，西部少雨区降雨量仅为 1000mm 左右。

海南省主要城市的暴雨强度公式如下：

海口市：

$$q = \frac{3681.176 \times (1 + 0.257LgP)}{(t + 20.089)^{0.678}}$$

三亚市：

q = \frac{1325.105 \times (1 + 0.568LgP)}{(t + 7.641)^{0.535}}

儋州市：

q = \frac{30663.72 \times (1 + 0.529LgP)}{(t + 51.628)^{1.099}}

琼海市：

q = \frac{1958.576 \times (1 + 0.660LgP)}{(t + 11)^{0.5921}}

琼中黎族苗族自治县：

q = \frac{4215.338 \times (1 + 0.607LgP)}{(t + 25.722)^{0.757}}

式中：

- q——暴雨强度（L/(s·hm²)）；
- P——重现期（a），取值范围为 2a~100a；
- t——降雨历时（min）。

其余市、县、自治县，建议编制单独的暴雨强度公式；资料缺乏时，可采用各市、县、自治县总体规划中的暴雨强度公式或参考同一海绵城市建设分区城市的暴雨强度公式。

8.3.2 蒸发

海南省平均蒸发量呈月分布不均衡特点，蒸发过程主要集中在 5-7 月，占全年平均蒸发量的 30%左右。

各月平均蒸发量³

城市	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
海口	85.4	82.2	127.3	159.2	186.9	187.9	205.8	176.6	149.6	147.4	123.7	102.3
东方	139.8	127.3	168.6	218.8	278.5	262.7	272.0	227.4	188.8	187.6	177.9	159.6
琼海	95.2	97.1	149.4	179.2	210.2	207.4	224.9	188.1	156.6	145.2	110.7	97.3
琼中	87.8	99.7	160.0	177.5	187.2	182.9	192.6	169.9	138.9	117.9	83.1	77.9
三亚	184.1	164.0	197.7	215.0	234.7	205.2	213.7	194.1	176.7	191.5	194.5	189.6

各市、县、自治县多年平均月累计降雨量及蒸发量，可咨询当地气象部门，在气候背景相似原则下可选取就近市、县、自治县数据。

8.3.3 土壤

有条件地区，海绵城市建设区域的土壤基本参数应进行现场勘测获得。若无资料，则海

³来源于《近 30 年海南不同地区降雨量和蒸发量分布特征研究》

南省土壤基本参数可按下述为参考依据选用。

海南省主要土壤类型为砖红壤，占土地总面积的 53%，全省 19 个市、县、自治县均有分布。赤红壤占土地面积的 10%，主要分布于海南省东部、西部的高丘低山上。黄壤占土地面积的 4%，主要分布于五指山脉东部、西部的中山土地。此外，还分布有燥红土、滨海沙土、红色石灰土等。

各种土壤层的相应参数表

土壤层	土壤渗透系数 (m/s)	土壤孔隙率	田间持水量
砂土	$>5.83 \times 10^{-5}$	0.43	0.17
壤质砂土	$1.70 \times 10^{-5} - 5.83 \times 10^{-5}$	0.44	0.09
砂质壤土	$7.20 \times 10^{-5} - 1.70 \times 10^{-5}$	0.45	0.14
壤土	$3.70 \times 10^{-6} - 7.20 \times 10^{-5}$	0.47	0.25-0.32
粉质壤土	$1.90 \times 10^{-6} - 3.70 \times 10^{-6}$	0.5	0.28
砂质粘壤土	$1.20 \times 10^{-6} - 1.90 \times 10^{-6}$	0.4	-
粘壤土	$6.35 \times 10^{-7} - 1.20 \times 10^{-6}$	0.46	0.32
粉质粘壤土	$4.23 \times 10^{-7} - 6.35 \times 10^{-7}$	0.47-0.51	0.3-0.37
砂质粘土	$3.53 \times 10^{-7} - 4.23 \times 10^{-7}$	0.43	-
粉质粘土	$1.41 \times 10^{-7} - 3.53 \times 10^{-7}$	0.47	-
粘土	$3.00 \times 10^{-8} - 1.41 \times 10^{-7}$	0.32	-

9 附件

9.1 海绵城市相关规范标准

- 1、《防洪标准》（GB50201-2014）
- 2、《治涝标准》（SL723-2016）
- 3、《城市防洪工程设计规范》（GB/T50805-2012）
- 4、《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）
- 5、《城市排水工程规划规范》（GB50318-2017）
- 6、《室外排水设计规范》（GB50014-2006）（2016 年版）
- 7、《城市居住区规划设计规范》（GB50180-93）（2016 年版）
- 8、《城市绿地设计规范》（GB50420-2007）（2016 年版）
- 9、《城市道路工程设计规范》（CJJ37-2012）（2016 年版）
- 10、《城市工程管线综合规划规范》（GB50289-98）
- 11、《建筑与小区雨水利用工程技术规范》（GB50400-2016）
- 12、《城市水系规划导则》（SL431-2008）
- 13、《城市水系规划规范》（GB50513-2009）（2016 年版）
- 14、《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建（试行）》
- 15、《海绵城市专项规划编制暂行规定》
- 16、《绿化种植土壤》（CJ/T340-2016）

9.2 导则用词说明

- 1、执行本导则时，对于要求严重程度的用词说明如下，以便执行中区别对待。
- 2、表示很严格，非这样做不可的用词：
正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。
- 3、表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：
正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。
- 4、表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：
正面词采用“宜”或“可”；反面词采用“不宜”。
- 5、导则中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应按-----执行”或“应符合---

---要求或规定”，非必须按所指定的标准和规范执行的写法为“可参照-----执行”。

9.3 海绵城市专项规划框架及要点

9.3.1 XX 市海绵城市专项规划（20XX-20XX 年）

1 规划概述

- 1.1 项目背景
- 1.2 规划依据
- 1.3 规范范围和规划期限
- 1.4 规划内容和规划意义
- 1.5 技术路线

2 海绵城市建设条件与需求分析

- 2.1 自然基础条件
 - 2.1.1 地理区位
 - 2.1.2 地形地貌、土壤条件与工程地质
 - 2.1.3 气象特征
 - 2.1.4 水文条件
- 2.2 城市建设基础条件
 - 2.2.1 城市与水关系的历史变迁
 - 2.2.2 下垫面解析与绿地系统分布
 - 2.2.3 排水体制
 - 2.2.4 点源、面源污染
 - 2.2.5 内涝点调查
 - 2.2.6 城市开发前后水文评估
- 2.3 相关规划解读
 - 2.3.1 海南省总体规划（2015-2030）
 - 2.3.2 XX 市城市总体规划
 - 2.3.3 XX 市城市排水（雨水）防涝规划
 - 2.3.4 XX 市雨水专项规划

2.3.5 XX 市污水专项规划

2.3.6 XX 市绿地系统规划

.....

2.4 海绵城市建设相关工作基础

2.5 问题识别与需求分析

2.5.1 问题识别

2.5.2 需求分析

3 海绵城市建设目标和策略

3.1 规划目标

3.2 规划指标体系

3.2.1 水生态指标

3.2.2 水环境指标

3.2.3 水资源指标

3.2.4 水安全指标

3.2.5 制度建设及执行情况

3.2.6 显示度指标

3.3 分期建设策略

3.3.1 近期建设策略

3.3.3 远期建设策略

3.4 规划建设策略

3.5 实施保障策略

4 海绵城市建设空间格局与分区

4.1 生态本底条件

4.2 生态敏感性分析

4.3 海绵空间格局构建

4.4 建设用地海绵城市分区因子评价

4.4.1 目标导向

4.4.2 问题导向

4.4.3 海绵技术空间适宜性分析

4.5 海绵城市功能分区

4.6 中心城区海绵城市功能分区

5 海绵城市建设管控分区

5.1 XX 市海绵城市建设差异化分析

5.2 海绵城市建设单元管控

5.2.1 指标分解思路

5.2.2 典型地块指标目标的确定

5.2.2 管控单元控制目标的确定

5.3 建设项目管控指引

5.3.1 目标指标

5.3.2 各类建设项目设计要点说明

6 海绵城市建设系统方案

6.1 水安全保障系统方案

形成在内涝点整治、防洪工程、雨水管网完善、滞蓄空间、大排水系统等方面的系统性方案。在已完成项目、已计划项目的基础上，形成应增加的项目库。

6.2 水环境提升系统方案

形成在点源污染治理、面源污染控制、黑臭水体治理、水功能区达标等方面的系统性方案。在已完成项目、已计划项目的基础上，形成应增加的项目库。

6.3 水生态修复系统方案

形成在蓝线绿线划定、生态驳岸改造、绿色基础设施建设、生态补水等方面的系统性方案。在已完成项目、已计划项目的基础上，形成应增加的项目库。

6.4 水资源利用系统方案

形成在饮用水安全保障、管网漏损率控制、非常规水资源利用等方面的系统性方案。在已完成项目、已计划项目的基础上，形成应增加的项目库。

7 海绵城市建设项目库

7.1 项目库构建说明

7.2 海绵城市建设项目库及投资估算

7.3 近期建设重点项目

7.4 目标可达性分析

7.5 预期效益评估

8 对相关规划的反馈衔接

8.1 对城市总体规划的反馈衔接

8.2 对控制性详细规划的反馈衔接

8.3 对相关专项规划的反馈衔接

8.3.1 排水（雨水）防涝规划

8.3.2 绿地系统规划

8.3.3 道路系统规划

8.3.4 水系规划

8.3.5 竖向规划

9 规划保障体系

9.1 组织保障

9.2 制度保障

9.3 资金保障

9.4 技术保障

9.5 能力建设

9.3.2 海绵城市详细规划说明书

1 规划概述

1.1 项目背景

1.2 规划依据

1.3 规范范围和规划期限

1.4 规划内容和规划意义

1.5 技术路线

2 海绵城市建设条件与需求分析

2.1 自然基础条件

2.1.1 地理区位

2.1.2 地形地貌、土壤条件与工程地质

2.1.3 气象特征

2.1.4 水文条件

2.2 城市建设基础条件

2.2.1 城市与水关系的历史变迁

2.2.2 下垫面解析与绿地系统分布

2.2.3 排水体制

2.2.4 点源、面源污染

2.2.5 内涝点调查

2.2.6 城市开发前后水文评估

2.3 相关规划解读

2.3.1 XX 市海绵城市专项规划

2.3.2 海南省总体规划（2015-2030）

2.3.3 XX 市城市总体规划

2.3.4 XX 市城市排水（雨水）防涝规划

2.3.5 XX 市雨水专项规划

2.3.6 XX 市污水专项规划

2.3.7 XX 市绿地系统规划

.....

2.4 海绵城市建设相关工作基础

2.5 问题识别与需求分析

2.5.1 问题识别

2.5.2 需求分析

3 海绵城市建设目标和策略

3.1 规划目标

3.2 规划指标体系

3.2.1 水生态指标

3.2.2 水环境指标

3.2.3 水资源指标

3.2.4 水安全指标

3.3 案例借鉴

4 海绵城市建设系统

4.1 总体建设思路

4.2 海绵城市技术适宜性分析

4.3 分类用地建设指引

5 海绵城市规划方案

5.1 水生态修复措施

5.2 水环境整治措施

5.3 水资源利用措施

5.4 水安全保障措施

5.4 水安全保障措施

5.5 年径流总量控制率指标分解

5.5.1 分解思路

5.5.2 分解过程

5.5.3 分解结果

6 海绵城市建设项目库

6.1 海绵城市建设项目库及投资估算

6.2 近期建设重点项目

6.3 预期效益评估

7 规划保障体系

7.1 与法定性规划的衔接

7.1.1 控制性详细规划

7.1.2 修建性详细规划

7.2 与相关规划的衔接

7.2.1 排水（雨水）防涝规划

7.2.2 绿地系统规划

7.2.3 道路系统规划

7.2.4 水系规划

7.2.5 竖向规划

7.3 资金保障

7.4 技术保障

7.5 能力建设

9.4 各类型项目设计流程

9.4.1 建筑与小区

建筑与小区海绵城市建设项目主要包括：综合整治类与新建类建筑与小区。

1、综合整治类建筑与小区

（1）主要任务

建筑与小区所在项目地块的实现年径流总量控制率，径流污染控制率等目标。

（2）项目基本概况

建设项目地块所在地理位置，气候条件、地块四周地理概况（建筑、绿地、水系等），地块面积、用地性质、建筑密度、居住人数等。

1）下垫面情况

结合遥感影像图，定量解析建设地块现状土地利用类型，面积及其平面分布情况，包括建筑、道路、绿化、铺装等。

2）区域竖向与排水分析

根据地形分析，确定重要节点的地面高程以及与周边市政道路的高低情况，并根据地形确定地面径流组织情况（径流汇流流向）。

3）土壤渗透与地下水位

根据地块内地质与地下水位勘探结果，确定其土壤类型及对应的渗透系数，地下水深度，

判定土壤渗透性情况；根据地下水位初步判定是否具有足够下渗深度保证污染物净化效果。

4) 场地积水情况

识别场地内主要的内涝积水点的分布位置、积水深度以及积水频次。

5) 排水管网概况

项目地块的排水体制，若为雨污分流制排水系统，需要分析雨污水管的连接问题。现状与规划排水管道的平面布置情况；项目地块主要排水口（即外排市政管网的位置）。

6) 场地地下空间

地块地下空间利用情况以及地下空间覆土深度。

（3）问题分析

1) 消除涝点需求：通过海绵设施建设，维持场地开发前后水文特征不变，加强径流总量控制，削减径流峰值流量，缓解区域排水压力，消除涝点。

2) 污染物削减需求：根据建筑小区所处排水系统的受纳水体的水质管理目标，确定污染物的削减率，通常建筑小区位于汇水区源头，地面径流面源污染问题导致收纳水体受到污染，引发河道黑臭问题。通过海绵设施改造，源头削减径流污染。

3) 雨水回用需求：建筑小区内道路及绿化浇洒用水量较大，回用收集雨水，实现雨水资源化利用的同时也可促进源头减排。

4) 改善环境需求：通过建设海绵设施可提升现状景观品质，全面优化社区格局，改善生活质量的需求。

（4）海绵城市设计目标

综合整治类建筑与小区海绵城市建设以问题为导向确定其设计目标如下表所示：

表 9-1 海绵城市设计目标及控制值

目标	名称	控制值	备注
体积控制目标	年径流总量控制率	按目标值	—
径流污染控制目标	径流污染控制率	按目标值	—
流量控制目标	设计重现期	按目标值	—
其他	海绵设施比例、绿化率、雨水资源利用率、环境综合改善		—

（5）海绵设计

1) 设计流程

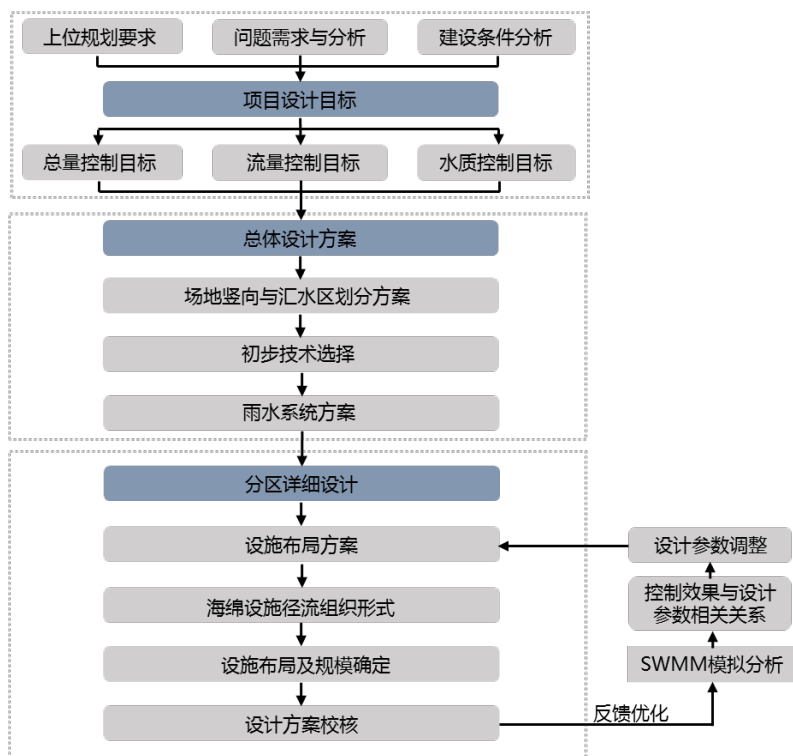


图 9-1 海绵设计流程图

2) 设计降雨

①设计降雨量与年径流总量控制率对应关系

根据项目地块所处地区的多年降雨统计资料(30年以上),绘制降雨量-年径流总量控制率曲线,由设计年径流总量控制率,确定对应的设计降雨量。根据当地暴雨强度公式,确定降雨重现期。

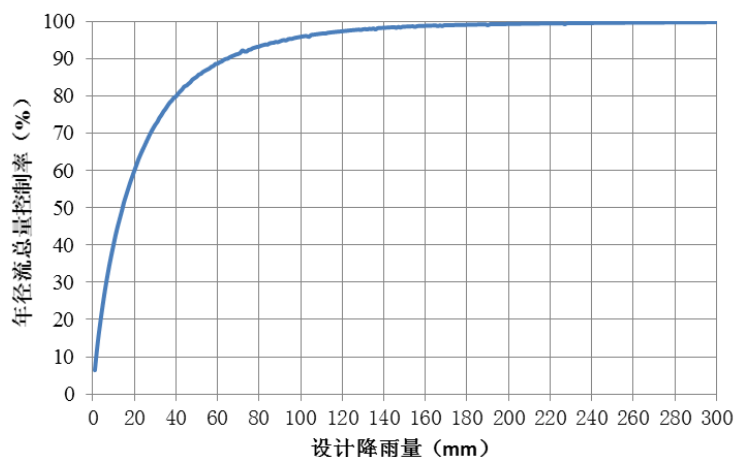


图 9-2 某城市设计降雨量与年径流总量控制率曲线

②流量控制计算

雨水设计径流总量计算：

$$W = 10\psi hF$$

式中： W —雨水设计径流总量， m^3 ；

ψ —雨量径流系数；

h —设计降雨量， mm ；

F —汇水面积， ha ；

③典型重现期设计雨型

不同重现期短历时雨型可根据芝加哥雨型（如下）与暴雨强度公式（见 8.4.1）进行设计。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{峰前: } i_b = \frac{a \times \left[\frac{(1-n) \times tb}{r} + b \right]}{\left(\frac{tb}{r} + b \right)^{n+1}} (mm/min) \\ \text{峰后: } i_a = \frac{a \times \left[\frac{(1-n) \times ta}{1-r} + b \right]}{\left(\frac{ta}{1-r} + b \right)^{n+1}} (mm/min) \end{array} \right.$$

3) 总体方案设计

①汇水分区

建筑小区的汇水分区的划分主要以雨水管网系统和地形坡度为基础，地势平坦的地区，按就近排放原则采用等分角线法或梯形法进行划分，地形坡度较大的地区，按地面雨水径流水流方向进行划分。根据本项目所在片区雨水管线布置情况、场地竖向高程、场地内部建设情况等汇水分区划分，通常不透水表面产生的雨水应结合场地竖向，优先引入绿地进行滞流和下渗，减少雨水径流量与污染物。如下图为某建筑小区汇水区划分示意图：



图 9-3 某建筑小区汇水区划分示意图

在划分汇水区的基础上，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）》（后简称《指南》）公式进行计算海绵设施改造前各汇水分区的设计径流控制量。

表 9-2 汇水分区设计径流控制总量计算表

汇水分区	总面积 (hm ²)	综合雨量径流系数	设计径流控制总量
1	—	—	—
2	—	—	—
.....	—	—	—

②海绵设施适宜性分析

海绵设施按主要功能一般可分为“渗、滞、蓄、净、用、排”等六类。通过各类技术的组合应用，可实现径流总量控制、径流污染控制、雨水资源化利用等目标。

根据海绵设施适应性研究成果及推荐的典型设施类型，结合建筑小区土壤类型及项目建设改造条件，对绿色屋顶、透水铺装、下沉式绿地、生物滞留池、雨水罐等海绵设施进行适应性分析，确定适宜本项目应用的主要海绵设施类型。

表 9-3 建筑与小区海绵城市建设设施适宜性分析

技术类型 (主要功能)	单项设施	功能				适用性
		集蓄利用雨水	补充地下水	削减峰值流量	净化雨水	
渗透技术 (渗)	透水砖铺装	○	●	◎	◎	适用
	透水水泥混凝土	○	○	◎	◎	适用
	透水沥青混凝土	○	○	◎	◎	适用
	下沉式绿地	○	●	◎	◎	适用，地下空间开发下加强防护
	渗透塘	○	●	◎	◎	适用，地下空间开发时不适用
	渗井	○	●	◎	◎	不适用
调节技术 (滞)	调节塘	○	○	●	◎	适用
	调节池	○	○	●	○	适用
	简易型生物滞留设施	○	●	◎	◎	适用，地下空间开发下加强防护
	复杂性生物滞留设施	○	●	◎	●	适用，铺设在地下室顶板上时，

技术类型 (主要功能)	单项设施	功能				适用性
		集蓄利用雨水	补充地下水	削减峰值流量	净化雨水	
						底部设穿孔集水管
储存技术 (蓄、用)	湿塘	◎	○	●	◎	不适用
	雨水湿地	◎	○	◎	●	不适用
	蓄水池	●	○	◎	◎	不适用
	雨水罐	●	○	○	○	适用
转输技术 (排)	转输型植草沟	◎	○	○	◎	视情况而定
	干式植草沟	○	●	○	◎	视情况而定
	湿式植草沟	○	○	○	●	视情况而定
	渗管/渗渠	○	◎	○	○	视情况而定
	传统雨水管渠	○	○	○	○	视情况而定
截污净化 技术 (净)	绿色屋顶	○	○	◎	◎	适用
	植被缓冲带	○	○	○	●	不适用
	初期雨水弃流设施	◎	○	○	●	适用
	人工土壤渗滤	●	○	○	●	不适用

③海绵设施工艺流程总体布局

I.海绵设施工艺流程

建筑与小区经过设计改造后,进行海绵城市建设设施的初步平面布局方案。通常情况下,建筑屋面以及透水铺装雨水优先进入下沉式绿地、雨水花园、生物滞留池等海绵设施,在每个调蓄设施均设置溢流口,超出设计降雨量对应的径流控制量的雨水,通过溢流口以溢流的形式有组织地从在场地四周的多个外排水点排放至市政雨水管网。常见的建筑与小区海绵设施工艺流程图如下:

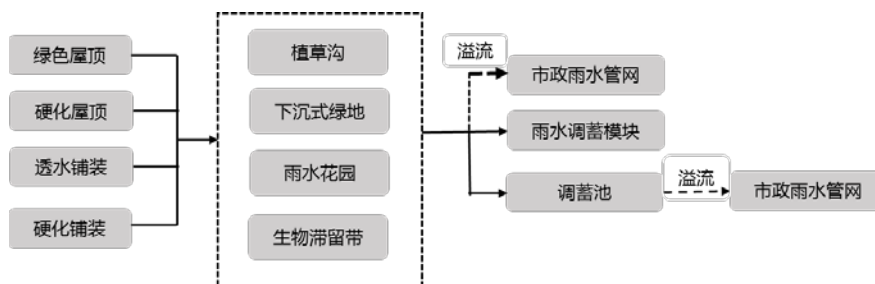


图 9-4 海绵设施工艺流程图

II.分区详细设计

根据各子汇水分区中下垫面的平面布置位置、规模，地形高程，分析存在的主要问题，初步确定海绵设施详细的平面布置方案。

④径流控制量试算与达标估算

计算各个汇水分区内各类设施的实际径流控制量，并以此求得个汇水分区的实际径流控制量，初步估算规划海绵设施方案是否满足设计年径流总量控制目标。

表 9-4 汇水分区海绵设施的径流控制量

汇水分区	海绵改造设施									径流控制量
	绿色屋顶	透水铺装	下沉式绿地	雨水花园	生物滞留带	雨水调蓄模块	植草沟	雨水罐子	……	
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
……	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
合计	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

⑤汇水分区平衡设计

汇水分区调蓄能力达标的径流雨水在本区内消纳，如果有富余的调蓄能力且场地允许，可考虑承接周边汇水分区的汇水；调蓄能力不能达标的，需将部分径流雨水汇集后，通过植草沟等转输设施排至其他汇水分区进行调蓄。通过合理地布置海绵城市建设设施，实现年径流总量控制率目标。

⑥海绵方案模拟校核

基于计算机模型平台，模拟场地内绿色屋顶、透水铺装、雨水花园、下沉式绿地等海绵设施运行效果（SS 平均去除率、年径流总量控制率等）。采用当地暴雨强度公式与芝加哥雨型，设计不同降雨重现期—不同降雨历时的模拟情景，对整体区域进行径流控制效果模拟分析，校核不同重现期降雨情境下，海绵设施的控制雨量是否满足年径流总量控制率所对应的

降雨。若校核不满足设计目标，则重新调整汇水区海绵设施方案，直至各项控制指标达到目标值要求。

（6）效益分析

1) 工程造价估算

建筑小区海绵城市建设实施造价表如下所示：

表 9-5 海绵城市建设实施造价表

种类	数量/规模	单位造价	总造价
绿色屋顶	—	—	—
透水铺装	—	—	—
生物滞留设施	—	—	—
……	—	—	—
总计	—	—	—

2) 效益分析

海绵城市建设系统性强、结构复杂，往往由众多非工程型技术措施、数十个或者数百个工程型技术措施组成，这些技术措施相互关联，系统实现水生态、水环境、水资源、水安全和水文化的目标；除经济收益外，还具有很强的外部收益。

①社会效益

降低内涝风险 通过“渗、滞、蓄、净、用、排”的工程措施手段，能够增加城市的透水地面比例，削减雨峰，延迟洪峰出现的时间，减少场地的外排水量，降低城市内涝灾害的风险，保障人民群众生命财产安全，体现城市安全效益。

提高城市景观 海绵设施通常与本地植物的应用紧密结合，且融入了一定的景观设计理念，能够营造适宜周边环境的景观效果。与传统的排水设施相比，不仅具有较强的排水能力，同时具有较好的城市景观效果。同时，海绵城市的建设能够大量减少地面积水，方便居民生活，改善社区环境。

改变建设模式 海绵城市的建设，改变了传统城市开发过程中粗放的建设模式，从水系统保护的角度，将城市开发建设对周边环境的影响降低到最小程度，使城市的发展与生态环境的保护紧密的联系起来，维系了城市的可持续发展。

②环境效益

降低热岛效应 海绵设施的建设，能够在一定程度上增加城市绿化率，从而在局部调节

城市小气候，改善物理环境，降低热岛效应。据相关研究结论，透水砖铺装路面的近地表温度比普通混凝土路面低 0.3℃左右，近地表相对湿度大 1.12%左右。

减少碳排放 根据相关的文献报道，城市绿地的碳汇系数为 26.45t C/(hm²•a)，折算为 CO₂ 的量为 96.98t CO₂/(hm²•a)。若采用绿色屋顶后，将会增加城市的碳汇总量。同时，屋顶绿化对建筑物的保温、隔热作用明显，可以节省夏季空调和冬季取暖费用，有效降低建筑物使用中的能耗。

改善水文条件 海绵设施中包含了渗透、滞留、调蓄等工程设施，能够较大程度上改善现有水文条件，通过雨水的渗透，能够加大地表水与地下水之间的连通，恢复原有的自然水文条件。

提升水环境质量 海绵城市的建设能够控制地表径流总量，从而能够对存在于地表径流中的污染物进行控制，减少进入周边水体的污染物总量，提高城市水环境质量。

③经济效益

规划雨水资源按照绿色建筑要求进行回用，经经济分析后因地制宜开展资源化利用，收集的雨水经初步处理后可用于绿化浇洒、地面清洗及景观用水。通过替代自来水，可节约相应自来水费，具有一定的经济效益。

2、新建类建筑与小区

（1）主要任务

新建建筑与小区所在项目地块的满足年径流总量控制率，径流污染控制率等要求。

（2）项目基本概况

建设项目地块所在地理位置，气候条件、地块四周地理概况（建筑、绿地、水系等），地块面积、规划用地性质等。

1) 规划用地布局情况

根据项目地块规划设计方案，确定地块规划用地类型，面积及其平面分布情况，包括建筑、道路、绿化、铺装等。

2) 区域竖向与排水分析（同综合整治类）

3) 土壤渗透与地下水位（同综合整治类）

4) 排水管网概况

项目地块规划排水管网的排水体制，规划排水管道的平面布置情况，场地主要排水口（即

外排市政管网的位置)。

5) 场地地下空间

根据规划方案确定地块地下空间利用情况以及地下空间覆土深度。

(3) 海绵城市设计目标

新建类建筑与小区海绵城市建设以设计目标为导向，确定其设计目标如下表所示：

表 9-6 海绵城市设计目标及控制值

目标	名称	控制值	备注
体积控制目标	年径流总量控制率	按目标值	—
径流污染控制目标	径流污染控制率	按目标值	—
流量控制目标	雨水管设计重现期	按目标值	—
其他	海绵设施比例、绿化率、雨水资源利用率		—

(4) 海绵设计

1) 设计流程

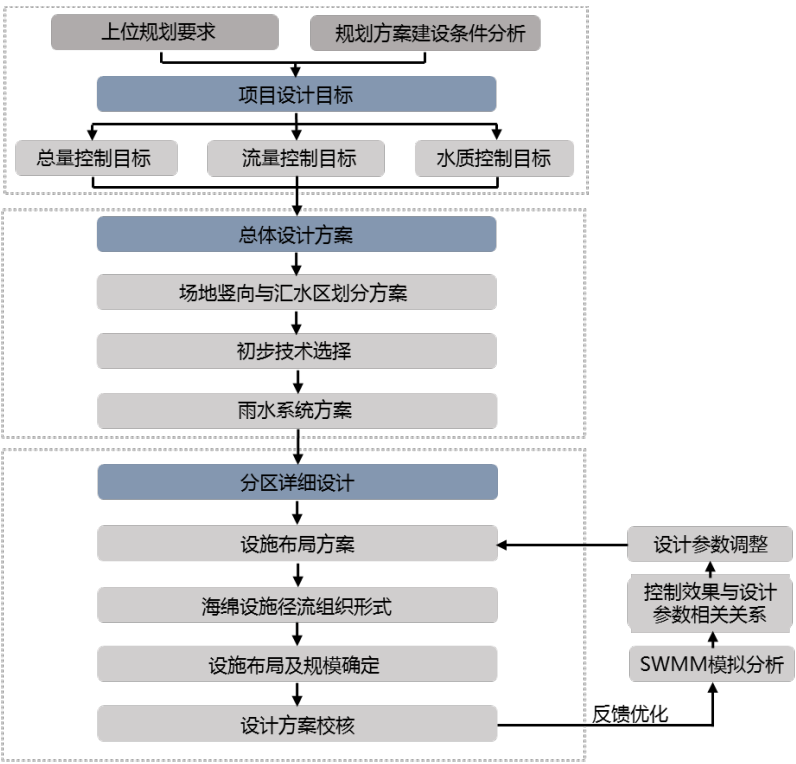


图 9-5 海绵设计流程图

2) 设计降雨（同综合整治类）

3) 总体方案设计（同综合整治类）

（5）效益分析（同综合整治类）

9.4.2 道路与广场

道路与广场的海绵城市建设设计过程相似，本导则以道路进行介绍。

1、主要任务

道路实现年径流总量控制率，径流污染控制率等目标。

2、项目基本情况

道路所在地理位置、气候条件，道路长度，红线控制宽度，横断面设计，以及红线外侧概况等。

（1）下垫面情况

道路现状下垫面类型，包括沥青路面、硬质铺装、绿化带平面分布与面积。

（2）竖向及管网条件

道路整体地势，纵向设计坡度、变坡位置，横向设计坡度。

道路现状及规划的排水管网体制，管网设计重现期，设计埋深范围，管径范围，雨水口分布位置，设计服务范围等。

（3）土壤渗透与地下水位

（4）地面径流汇集方式

人行道、自行车道、机动车道雨水径流组织方式。

3、问题分析

径流污染：道路地表径流面源污染的主要来源，交通量的快速增长导致轮胎磨损、沥青路面、汽油润滑油泄露等带来雨水径流污染的大幅增长，污染物随雨水径流进入水体，对城市水环境构成严重威胁。

道路积水：道路通常位于汇水的低处，除收集道路上的雨水外，还汇集周边的客水，汇水面积大，强降雨条件下短时可汇集大量雨水，极易出现局部内涝积水问题。

道路景观提升：道路长期承载交通枢纽功能，易出现不同程度的破损与路基失稳，绿地游憩设施不够完善，景观效果单一等。

4、设计目标

道路海绵城市建设以问题为导向，确定其设计目标如下表所示：

表 9-7 海绵城市设计目标及控制值

目标	名称	控制值	备注
体积控制目标	年径流总量控制率	按目标值	—
径流污染控制目标	径流污染控制率	按目标值	—
流量控制目标	降雨重现期	按目标值	—

5、海绵设计

1) 技术思路

地面径流汇集方式：1) 人行道和自行车道雨水：在雨势较弱时，雨水可通过透水铺装下渗至透水垫层及基层；当雨势逐渐增强时，部分雨水通过铺装表面，沿横向的坡度排至道路两侧下沉式绿化带；2) 机动车道雨水：按道路横向坡度汇集后，经道路立道牙开口流入两侧下沉式绿化带；3) 超过下沉式绿地调蓄容积的雨水，经绿化带内的溢流口（雨水口）排入雨水管网系统。

2) 设计降雨（同综合整治类）

3) 总体方案设计

①设计径流控制量计算

根据道路改造前下垫面类型和规模，参照《海绵城市建设技术指南-低影响开发雨水系统构建（试行）》（后简称《指南》）中相关雨量径流系数参考值，结合项目特征采用加权平均法计算综合雨量径流系数，详细过程如下表所示：

表 9-8 道路综合雨量径流系数计算过程

编号	下垫面类型	面积	百分比	雨量径流系数
1	机动车道	—	—	0.9
2	非机动车道	—	—	0.8
3	绿化带	—	—	0.15
合计		$A=A_1+A_2+A_3$	$A=\omega_1+\omega_2+\omega_3$	$\phi=A_1+\phi_1+A_2\times\phi+A_3\times\phi_3$

②竖向设计与汇水分区

根据道路竖向分析，识别道路纵向变坡点，按照“高-低-高”方式，将道路划分为若干个子汇水分区，分区进行控制。在划分汇水区的基础上，参考《指南》公式进行计算海绵设施改造前各汇水分区的设计径流控制量，统筹考虑红线外绿地空间及降雨径流控制条件，设施径流组织及管网衔接，开展设施布置。

③海绵设施适宜性分析

道路绿地常用的海绵设施包括：透水铺装、下沉式绿地、生物滞留带等措施。结合道路的土壤类型及项目建设条件，对上海绵设施进行适应性分析，确定适宜本项目应用的主要海绵设施类型。

④海绵设施工艺流程及布局

I .工艺流程

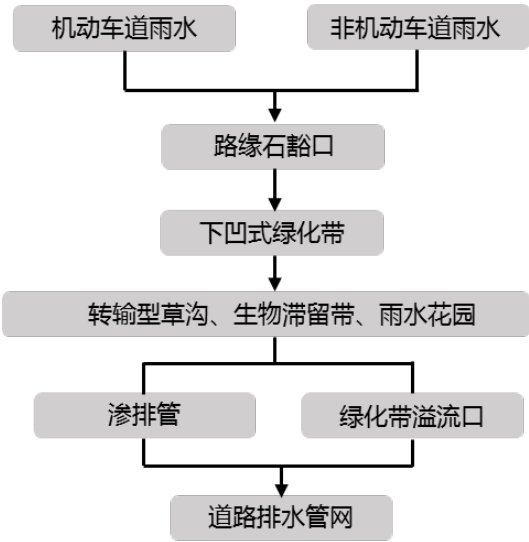


图 9-6 道路设施工艺流程

II.分区详细设计

根据各子汇水分区中下垫面的平面布置位置、规模，地形高程，分析存在的主要问题，初步确定海绵设施详细的平面布置方案。

⑤径流控制量试算与达标估算（同综合整治类）

⑥海绵方案模拟校核（同综合整治类）

6、效益分析（同综合整治类）

9.4.3 城市绿地

1、主要任务

城市绿地实现年径流总量控制率，径流污染控制率等目标。

2、项目基本情况

城市绿地所在地理位置，气候条件、四周地理概况（建筑、绿地、水系等），城市绿地面积等。

（1）下垫面情况

结合遥感影像图，定量解析建设地块现状土地利用类型，面积及其平面分布情况，包括建筑、道路、绿化、水景等。

（2）区域竖向

根据地形分析，确定重要节点的地面高程，进而识别地面径流组织情况（径流汇流流向）。

（3）土壤渗透与地下水位（同 9.2.1）

（4）水体水质

公园内分布的河、湖水体的现状水质情况。

3、问题分析

1) 年径流总量控制率：通过海绵设施建设，加强径流总量控制，消纳地表径流。

2) 污染物削减需求：绿地内雨水径流中的污染通常仅依靠绿地进行净化处理，通过建设海绵设施，提升绿地绿地对地表污染物的净化效果，提高污染物削减率。减少面源污染对公园水体水质的冲击。

3) 改善环境需求：通过建设海绵设施可提升现状景观品质，全面优化城市绿地格局，提升城市绿地的品质。

4、海绵城市设计目标

城市绿地海绵城市建设以问题为导向，确定其设计目标如下表所示：

表 9-9 海绵城市设计目标及控制值

目标	名称	控制值	备注
体积控制目标	年径流总量控制率	按目标值	——
径流污染控制目标	径流污染控制率	按目标值	——
其他	海绵设施比例、绿化率、公园内水体水质标准、环境综合改善		——

5、海绵设计

1) 技术思路

城市绿地项目主要采用海绵建设设施提高城市绿地对地表径流的削减率，达到雨水径流整体控制目标。同时利用雨水花园、雨水湿地等设施进行多级净化，并结合内湖的循环净化处理，共同保障水体水质，最终实现项目海绵建设的目标。

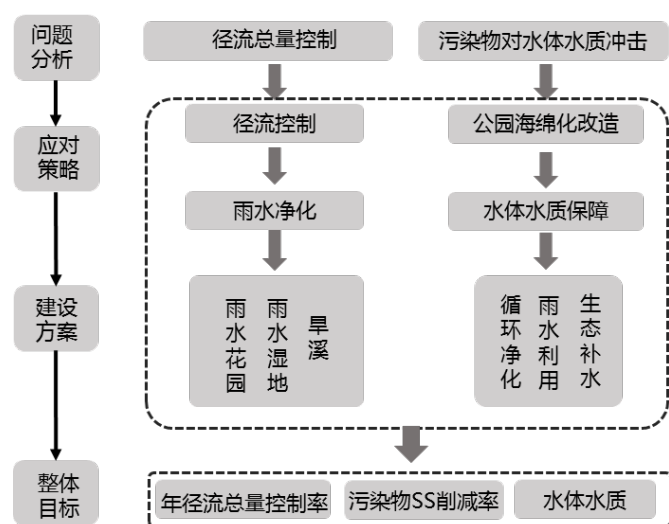


图 9-7 城市绿地海绵城市建设技术思路

2) 设计降雨 (同 9.2.1)

3) 方案设计

①汇水分区

城市绿地通常以湖泊为中心进行汇水分区的划分, 场地内径流沿地面汇集, 最中排入湖泊水体。在划分汇水区的基础上, 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)》(后简称《指南》) 公式进行计算海绵设施改造前各汇水分区的设计径流控制量。

表 9-10 汇水分区设计径流控制总量计算表

汇水分区	总面积 (hm ²)	综合雨量径流系数	设计径流控制总量
1	—	—	—
2	—	—	—
.....	—	—	—

②海绵设施适宜性分析

城市绿地常用的海绵设施包括: 透水铺装、下沉式绿地、雨水花园、植草沟等。结合城市绿地的土壤类型及项目建设条件, 对以上海绵设施进行适应性分析, 确定适宜本项目应用的主要海绵设施类型。

③海绵设施工艺流程及布局

I .海绵设施工艺

城市绿地经过设计改造后, 进行海绵城市建设设施的初步平面布局方案。通常情况下, 公园内不透水表面产生的雨水径流优先进入下沉式绿地、雨水花园等海绵设施, 在每个调蓄

设施均设置溢流口，超出设计降雨量对应的径流控制量的雨水，通过溢流口排至公园内低洼水体。

II.分区详细设计

根据各子汇水分区中下垫面的平面布置位置、规模，地形高程，分析存在的主要问题，初步确定海绵设施详细的平面布置方案。

④径流控制量试算与达标估算（同 9.2.1）

⑤汇水分区平衡设计（同 9.2.1）

⑥海绵方案模拟校核（同 9.2.1）

6、效益分析

1) 工程造价估算

城市绿地海绵城市建设实施造价表如下所示：

表 9-11 海绵城市建设实施造价表

种类	数量/规模	单位造价	总造价
雨水花园	—	—	—
透水铺装	—	—	—
下沉式绿地	—	—	—
……	—	—	—
总计	—	—	—

2) 效益分析（同 9.2.1）

9.4.4 城市水系

1、项目现状基本概况

（1）河道地理概况：所在流域气候特征，城区河段长度、平均宽度，河道流域地势，河道汇水面积与范围，土壤渗透性等。

（2）河道水位：河道常水位、洪水控制水位、河堤最高水位等

（3）河道水生态现状情况，污染物主要来源，现状水质情况。

2、问题与需求分析

（1）河道无需开发，人居环境质量；

（2）旱季污水直排问题，河道水体黑臭；

（3）河道三面光现象严重，水生态严重失衡；

(4) 管网混接、泵站雨天放江污染；

3、治理目标

(1) 消除河道黑臭，改善河道水质；

(2) 恢复河道水生态，生态岸线比例达到目标要求；

(3) 提高河道防洪标准；

4、河道整治设计

(1) 总体方案

河道水环境提升应以控源截污为本，因地制宜地提出污染控制和黑臭水体治理措施。治理措施主要从点源污染控制和面源污染控制两方面出发；通过构建“源头、过程、末端”三层控制系统削减面源污染物，把污染物消纳在规划范围内，减轻地表水环境的压力。

1) 源头减排

充分利用现有城市绿地等建立下沉式绿地、生态净化设施，收集、调蓄、净化周边道路、小区以及公园自身的雨水；河道流域范围内结合棚改、小区改造，进行雨污分流制改造；在河岸有条件的区域建设水系绿化带水系生态驳岸；滨水建筑小区、道路雨水可通过水系绿化带净化后补充河道水体；河道沿线区域建筑建设绿色屋顶，同时建筑雨水管断接，将屋面雨水引至周边绿地继续消纳净化；在雨水泵站设置截流泵，截留初期雨水到污水厂进行处理；

在地表雨水不能通过坡面流直接进入水体的区域，建设海绵城市建设设施，地表径流经净化后在汇入雨水管网，并通过排水口的净化设施净化后排入接纳水体。

2) 过程控制

对直排入河道的污水进行截留改造，设置截流干管截流高浓度污水送入污水处理厂，避免污水进入混接的合流制系统。对于短期内难以全面实施雨污分流，维持现状合流管网，通过截污纳管、生态滤池过滤等综合整治措施实现河流水质基本达标。在旧城区结合棚改、提质改造，将合流制改为分流制；河道流域面积较大时，可建设多座调蓄池，调蓄净化合流制溢流雨水。

3) 系统治理

河道恢复：通过拆迁河道上的建筑，暗渠复明，进行河道清淤，在河道种植水生植物，建设人工浮岛，净化水质。

驳岸恢复：河道应结合用地条件和城市功能的布局，可建立三种不同形式的驳岸，分别

为两侧石墙、一侧石墙一侧软质驳岸，以及一侧石墙一侧阶梯入水。在可能拓宽河道的区域扩大河道断面，增加调蓄空间，并建设生态化驳岸拓宽河道。

岸线设计：结合河道水位进行岸线设计，枯水位/常水位以下铺设砾石，枯水位/常水位和 5 年一遇水位区位间采用生态驳岸加固；在河道内种植水生植物、建设人工浮岛，净化水质。

生态修复：对滨湖的公园等水体进行水生态修复，净化水质，重建良好生态；

活水保质：充分利用河道水面开发滨水休闲空间，恢复历史水系结构，打通河道之间的连通通道。

协调区域防洪：修筑闸门、水坎，调控区域洪水，实现区域范围内防洪调度。

4) 综合布局方案

通过源头减排、过程控制、系统治理，从系统的角度构建在空间平面上与河道为核心，向外依次为水系绿带、滨水建筑区、其他区域的海绵城市建设体系。水系主要进行河道恢复、清淤、水生态修复；水系绿带结合水位建设不同的海绵城市建设设施；滨水建筑合理组织雨水径流，合理利用水系绿化带净化坡面雨水，补充河道水体；其他区域通过建设海绵城市设施，滞留和净化水质，并通过雨水管网补充水体。

5、效益分析

城市水系进行海绵城市建设后主要的效益分析包括：水环境、水生态、水安全以及社会效益、经济效益等

9.4.5 生态修复

生态修复主要针对城市山体、水体、绿地等自然资源和生态空间修复，其中水体、绿地等可结合城市绿地、城市水系等项目进行设计，因而在此主要介绍山体生态修复设计。

1、项目现状基本概况

山体基本概况：地理概况、区域自然条件、气候特征、地质特征、生物多样性情况，主要土壤类型、植被类型。

破损山体概况：破损山体范围、占地面积，边坡类型，破损山体坡度，土壤和植被覆盖率，水体流失，破损山体周边植被发育情况。

2、问题需求与分析

水土流失：因地制宜采取科学的工程措施，恢复山体植被覆盖，防止水土流失；

地质灾害：修复破损山体，稳定山体结构，减少山体滑坡、泥石流等地质灾害，对消除安全隐患、维护当地民生安全；

景观缺失：提升景观层次和区域整体形象，增强感官效果；

生物多样性：保护山体原有植被，种植乡土适生植物，重建植被群落与生物多样性；

3、治理目标

减少山体水土流失、防止山体地质灾害、提升山体景观效果、恢复山体生态多样性

4、技术思路

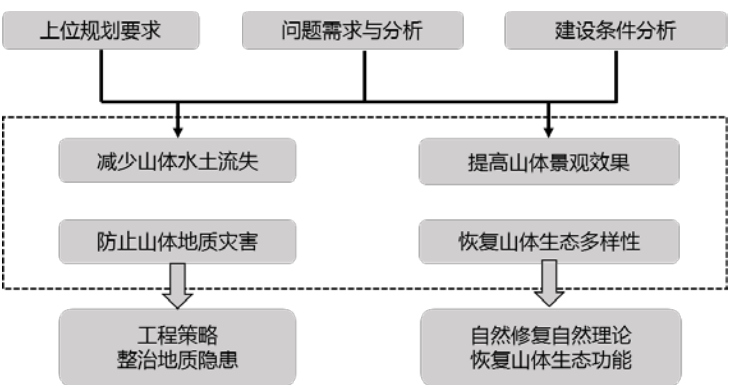


图 9-8 山体生态修复技术思路

5、山体生态修复方案

（1）垒砌挡墙，固山围景

利用土方工程相关技术，采取人工与机械相结合，进行地面平整、高危陡坡防治处理、松动危岩体防治处理、孤立岩体防治处理、岩堆防治处理、彩石坑防治处理、你讲淤泥池防治处理。同时以块石、砖、混凝土或者钢筋混凝土等材料垒砌挡墙，巧妙围合，达到固山造景的效果。针对不同的

（2）机械回土，立地生根

山体修复必须采取复绿的方法，山体土壤通常非常贫瘠，回填种植土进行山体表层土壤改良是山体复绿工程中的重要环节。山体复绿过程中的重要事项包括：1）种植回填土需保证土质质量合格，对不合格的土壤采用相应的技术改良，去除土壤中的有害物质及杂物、提高土壤肥力。2）机械回土，保证适宜植物生长的表层土壤厚度 70~150cm 厚，进行微地形处理，使坡面曲线自然流畅，地形饱满，同时为避免雨水冲刷造成种植土流失应对回填土进

行压实处理。3) 根据山体的地貌特点, 因地制宜选择相应的复绿技术方法, 如下表所示:

表 9-12 山体修复常见技术介绍

技术分类	实施方法	适用对象	优缺点
人工植被	在山体的特定区域进行撒种、铺草皮或人工植树	适用于坡度缓慢, 高度低的区域, 如高速公路两侧区域和破坏山地土壤的保护	优点: 投资成本低、施工简单、技术门槛低 缺点: 人力成本高、成活率低、后期维护成本高
植生盆(槽)技术	利用高陡石质边坡上的微凹地形, 或在裂隙的石壁上打锚杆, 然后使用高强度砂浆砌砖或砼(轻质树脂)浇筑成盆(槽)状, 回填种植土后植藤本、灌木或小乔木	理论上适用于所有的岩石山, 特别适用于微裂缝或凹形坡山壁	优点: 效果好, 应用范围广 缺点: 专业技术要求高
挂网喷播技术	以挂网(土工网、铁丝网等)附着高次团粒结构为基础, 将草种、纤维质、营养基质、保水剂等物质混合后高压喷植	适用于大坡度陡峭山体、大面积土壤和沙质土壤边坡、土石混合山坡	优点: 施工速度快、效果好, 受地质条件限制少、应用范围广 缺点: 专业技术要求高、工程量大、投资成本高
植生袋绿化技术	将植物的种子包裹在多层无纺土工织物中, 或直接在受损山体表面贴上的天然纤维垫中	适用于坡度不到 60°的边坡或沙质土壤土质边坡	优点: 施工成本低、简单、速度快, 植被种子不受人为因素和雨水的影响, 效果稳定 缺点: 投资成本高
框格客土绿化技术	在山的斜坡用格子将边坡的表面进行分割, 然后用混合土壤种植植被	适用于陡峭山坡、山上后填充土壤修复以及风化的岩石山	优点: 有效地减缓和分散雨水冲刷 缺点: 施工过程繁琐

(3) 山体排洪, 引流自灌

完善山体排洪设施 一是在山坡顶部砌好排水沟, 把雨水引至山底, 防止山体上部汇集后对下部绿化土层造成冲刷, 影响其恢复效果; 二是在山顶坡面中部增设一道截水渠, 截住山坡上端流水, 并安装固定的下水管, 将其引至山下修建的蓄水池备用, 阻止上端水源对下部坡面的冲刷而影响其复绿效果。

排洪沟设计洪峰流量计算方法

推理公式法(水利科学院水文所):

$$Q = 0.278 \times \frac{\varphi \cdot S}{\tau^n} \times F$$

式中: Q—设计洪峰流量, m³/s;

φ —洪峰径流系数；
 S —暴雨雨量，mm；
 F —流域面积，km²；
 τ —流域地面集水时间，min；
 n —暴雨强度衰减指数
 经验公式法（公路科学研究院）：

$$Q = K \cdot F^n$$

式中：Q—设计洪峰流量，m³/s；
 F —流域面积，km²；
 K 、 n —随地区及洪水频率变化的系数和指数；

引流自灌：破损山体土壤严重瘠薄，大面积浇灌易于造成水土流失，且山体陡峭、工人行动不便，植物养护宜采用自动微喷灌系统，既节约用水，又可以保持土壤和空气的湿润。充分利用排水设施收集的雨水，按不同植物种类对水分的需求，结合当地气候条件进行自动喷灌，以保证土壤的有效水分。

（4）完善功能、带动活力

丰富山体的景观功能，完善山体周边地块的配套服务功能，打造山体主题公园，形成活力中心，实现山体多元共赢的综合效益，可采取的发展策略：1）定位——建立生态主题型的山体公园；2）系统——构建完善山体公园的结构和服务设施；3）内容——设置与山体资源相匹配的设施及活动；4）升级——明确山体周边地块产业发展方向及管控条件；

6、效益分析

1) 工程造价估算

山体生态修复建设实施造价表如下所示：

表 9-13 山体生态修复建设实施造价表

工程类别	数量/规模	单位造价	总造价
土方工程	—	—	—
复绿工程	—	—	—
排灌工程	—	—	—
……	—	—	—
总计	—	—	—

2) 效益分析

山体修复的效益分析主要包括：生态效益、经济效益以及社会效益三个步方面。

9.5 典型项目方案设计案例参考

9.5.1 容积法

1、设计过程

某建筑小区项目规划用地面积 8617.90m²，总体包括两部分，01 地块为商业用地（C1），02 地块为公园绿地（G1）。商业地块东侧为 67 层超高层办公楼，西侧包括 2 个裙楼，分别为 5 层商业/公共配套和 4 层商业/公共配套。项目场地平面布置图如图 9-1 所示：



图 9-9 项目场地平面布置图

项目区域下垫面的类型主要包括建筑、道路、铺装和绿地。建筑类分为超高层办公楼、商业和公共配置裙楼。此外，建设单元地下空间开发强度较高，基本全为地下车库。各类下垫面土地利用类型分类解析结果如下表所示：

表 9-14 地块内各类下垫面土地利用类型分类解析结果

用地类型		面积（m ² ）	比例（%）
建筑	超高层办公楼	1933.5	22.44
	商业/公共配套	1834.2	21.28
机动车道		1081.0	12.54
人行道、广场		2596.2	30.13
公共绿地		1173.0	13.61
合计		8617.9	100.00

2、设计目标

项目年径流总量控制率目标为 68%，对应设计降雨量 31.3mm。

3、设计过程

（1）划分汇水分区

汇水分区的划分主要以雨水管网系统和地形坡度为基础，地势平坦的地区，按就近排放原则采用等分角线法或梯形法进行划分，地形坡度较大的地区，按地面雨水径流水流方向进行划分。根据本项目所在片区雨水管线布置情况、场地竖向高程、场地内部建设情况进行汇水分区划分。

由下图所示，本项目将单元 01 地块划分为 4 个汇水分区，02 地块公共绿地单独作为 1 个汇水分区。由于项目场地总体东高西低，为充分利用汇水分区 5 内东北角绿地对地表径流进行滞流和下渗，应通过场地竖向调整引导径流自西向东流入地块东侧大块绿地内。

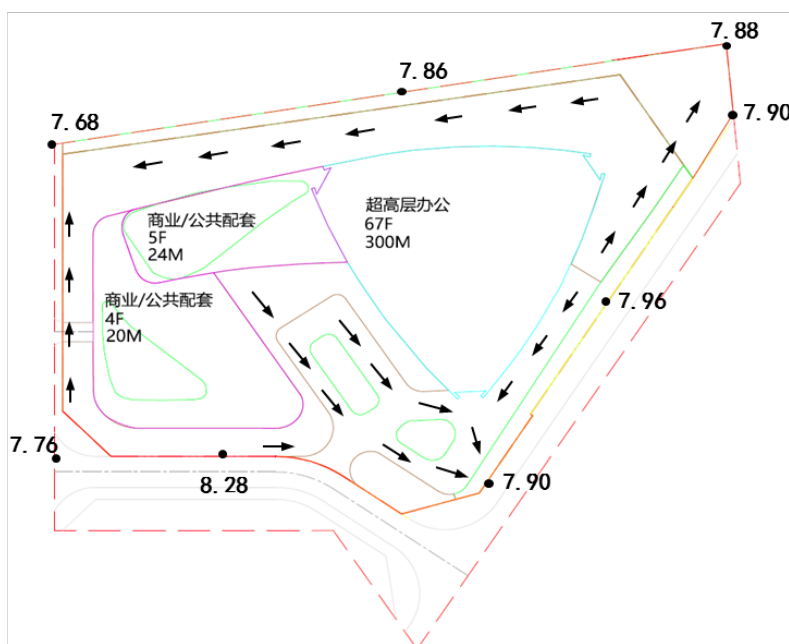


图 9-10 项目场地竖向布置图

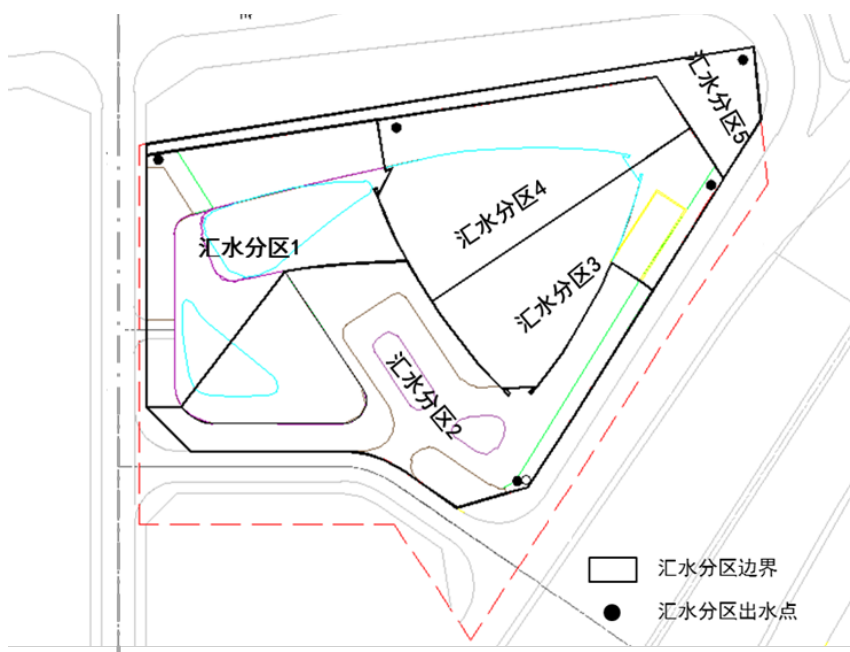


图 9-11 项目汇水分区划分图

(2) 海绵设施初步规划方案

根据建设单元特点，结合径流组织路径分析结果，选择适宜的海绵设施进行布局。主要设施类型及设施规模、布置如下：

①在裙楼设置绿色屋顶，屋顶绿化面积为 917.1m^2 ，占裙楼屋顶总面积的 50%，占项目建筑屋顶总面积（包含超高层办公楼屋顶面积）的 24.3%。

②在非机动车道的人行道、广场使用透水铺装，透水铺装比例 90%；

③在公共绿地内设置下沉式绿地，绿地下沉比例 60%；

④在建筑雨落管附近设置雨水花园，收集建筑屋面径流雨水，雨水花园面积按建筑屋顶不透水汇水面积的 6%计算，约为 170m^2 。

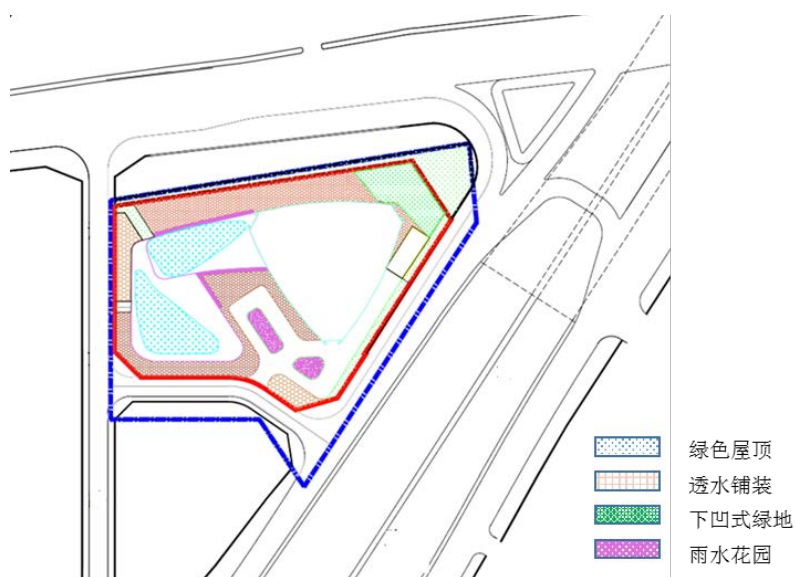


图 9-12 海绵设施总体布局示意图

表 9-15 海绵设施建设规模统计表

用地类型		面积 (m ²)	海绵设施		
			类型	比例 (%)	面积 (m ²)
建筑	超高层办公楼	1933.5	——	——	——
	商业/公共配套	1834.2	绿色屋顶	50	917.1
机动车道		1081.0	——	——	——
人行道、广场		2196.2	透水铺装	90	1823.6
			雨水花园	——	170
公共绿地		1573.0	下沉式绿地	60	943.8
合计		8617.9	——	——	3854.5

(3) 计算单个汇水分区所需的调蓄容积

由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。此时各汇水分区的雨量系数是指在海绵城市建设设施改造后的下垫面基础上，按照改造后的土地利用类型，查阅相应雨量径流系数，再按照面积加权平均法，计算整个汇水分区的综合雨量径流系数。需要说明的是：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。

以汇水分区 1 为例，先计算拟改造后的综合雨量径流系数指标。在汇水分区 1 中：汇水分区总面积为 1983.4 m²；建筑屋顶总面积为 1110.65 m²，绿色屋顶面积为 555.33 m²；地面铺装面积为 715.1 m²，其中透水铺装为 643.59 m²；绿化面积为 157.65 m²。根据《海绵城市

建设技术指南——低影响开发雨水系统构建》中表 4-3，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：

表 9-16 1 号汇水分区改造后的综合雨量径流系数

综合雨量径流系数计算			
下垫面类型	编号	面积 (m ²)	综合雨量径流系数取值
		A	B
绿色屋顶	1	555.33	0.30
硬质屋顶	2	444.26	0.85
透水铺装	3	643.59	0.20
不透水地面	4	71.51	0.85
绿化面积	5	157.65	0.15
合计		1983.4	
径流系数	$= (A1 \times B1 + A2 \times B2 + A3 \times B3 + A4 \times B4 + A5 \times B5) / (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) = 0.43$		

故汇水分区 1 号经海绵城市建设设施改造后的雨量综合径流系数为 0.43，则需要的调蓄容积计算过程如下表所示。

表 9-17 1 号汇水分区设计调蓄容积计算

汇水分区编号	总面积 (m ²)	径流系数	年径流总量控制率	设计降雨量	设计调蓄容积 (m ³)
	(1)	(2)	(3)	(4)	$= 10 \times (1) \times (2) \times (4) / 10000$
1	1983.4	0.43	68%	31.3	24.75

重复以上计算过程，详细计算汇水分区 2、3、4、5 的调蓄容积。最终形成如表 9-5 所示的调蓄容积：

表 9-18 各汇水分区调蓄容积

汇水分区编号	总面积 (m ²)	设计调蓄容积 (m ³)	实际调蓄容积 (m ³)
1	1983.4	26.69	28.02
2	2855.2	47.67	40.76
3	1372.9	27.81	13.66
4	1731.7	31.57	22.07
5	674.7	3.17	32.4

经核算，实际调蓄容积为 142.27m³，实际可控制 31.3mm 的雨水，年径流总量控制率 68%，达到设计目标。

4、确定项目全部分区设施布局

表 9-19 各类海绵城市建设设施平面布局规模

海绵设施	规模 (m ²)
绿色屋顶	1100.5
下沉式绿地	539.0
透水铺装	1823.6
雨水花园	515.2
合计	4037.9

9.5.2 模型法

以 EPA-SWMM 模型为例。

1、设计过程（同容积法）

2、设计目标（同容积法）

3、模拟分析过程

（1）划分汇水分区（同容积法）

（2）海绵城市建设设施布局方案

汇水分区 1：汇水分区面积：1983.4 m²，海绵设施面积为 1476.08 m²，占分区总面积的 74.4%，布置海绵设施包括：绿色屋顶、透水铺装、下沉式绿地、雨水花园，面积分别为 666.39 m²、643.59 m²、50.12 m²、44.47 m²。

汇水分区 2：汇水分区面积：2855.2 m²，海绵设施面积为 1246.78 m²，占分区总面积的 43.7%，布置海绵设施包括：绿色屋顶、透水铺装、雨水花园，面积分别为 434.13 m²、553.46 m²、530.37 m²。

汇水分区 3：汇水分区面积：1372.9 m²，海绵设施面积为 288.92 m²，占分区总面积的 21.0%，布置海绵设施包括：绿色屋顶、透水铺装、下沉式绿地，面积分别为 0、113.33 m²、175.60 m²。

汇水分区 4：汇水分区面积：1731.7 m²，海绵设施面积为 617.27 m²，占分区总面积的 35.6%，布置海绵设施包括：绿色屋顶、透水铺装、下沉式绿地，面积分别为 0、497.27 m²、120.00 m²。

（3）雨水控制利用工艺流程

海绵城市建设以滞留、净化、存储为主，工艺流程具体如下：

1) 建筑屋顶

屋面散排→建筑边沟→雨水管→绿地→渗透渠

2) 机动道路

①根据现状道路的雨水口改造成除污雨水口，达到净化作用。

②机动车道雨水沿横坡流入下沉式绿地。

3) 人行道与广场

采用透水铺装，雨水渗透为主，暴雨时超过入渗量的雨水排入场地周边的下沉式绿地，超过下沉式绿地调蓄容积的雨水径流，经绿化带内的溢流口溢流至管网系统。

4) 绿地

采用雨水花园和下沉式绿地，通过收集人行道、广场和绿地雨水进行下渗和输送至雨水管网。

(4) 构建模型

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 8617.9m²，子汇水区 24 个，简化排水口为 4 个。构建模型结果如图 9-5 所示：

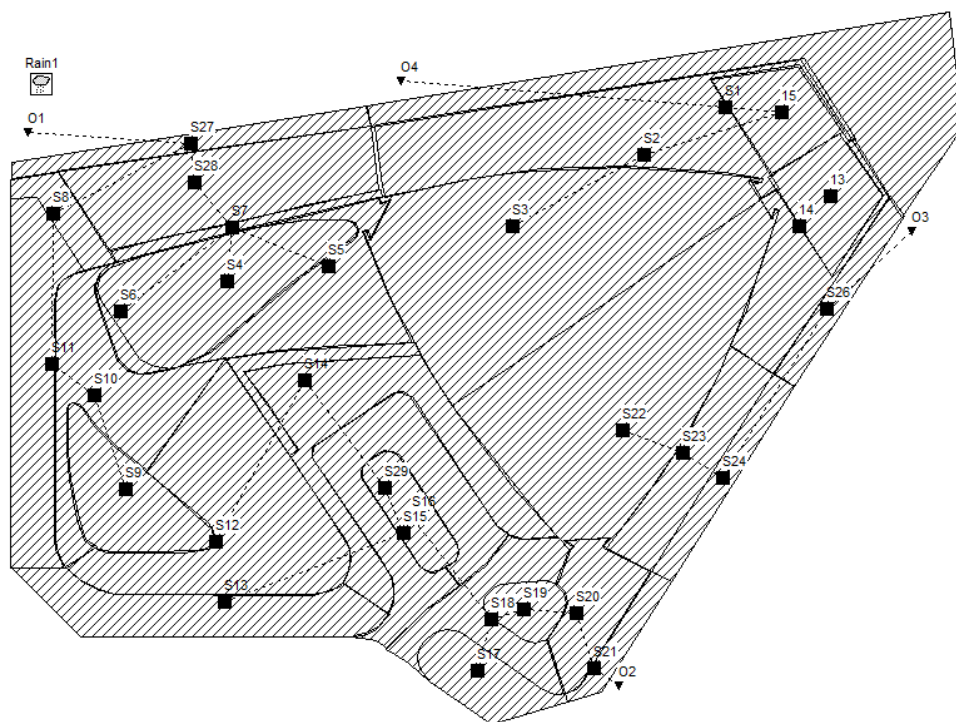


图 9-13 项目 EPA-SWMM 模型界面

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。本研究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见下表：

表 9-20 研究区域各月平均蒸发量(需结合本地特点)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
蒸发量 mm/d	3.36	3.54	3.96	4.73	5.51	5.72	5.62	5.51	5.79	6.21	5.52	4.31

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）。

表 9-21 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-imperv (%)	Des-imperv (%)
0.103	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。区域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，区域内的检查井节点属性直接由管网设计资料取得。

4) LID 参数

模型的低影响开发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绿色屋顶

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：

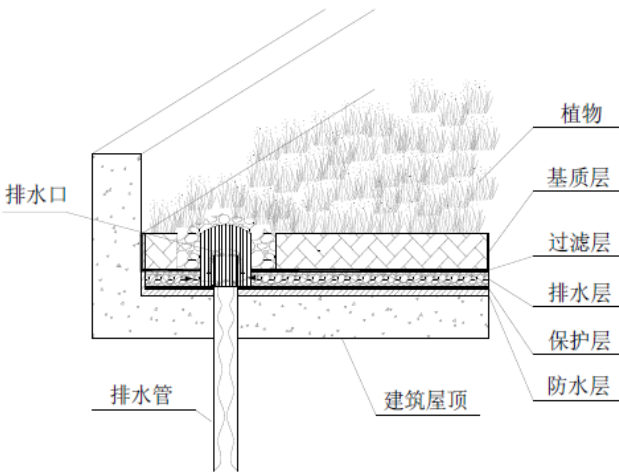


图 9-14 绿色屋顶典型构造示意图

②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，设施具体结构如下图所示，采用 EPA-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。

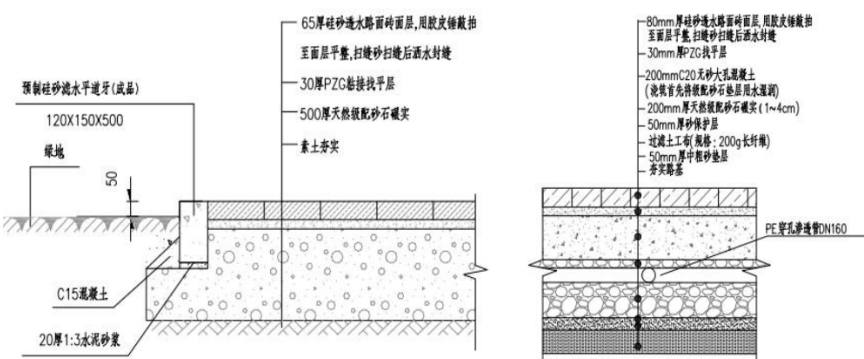


图 9-15 透水铺装设施设计断面图

③下沉式绿地（雨水花园）

下沉式绿地采用 EPA-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，设施具体结构如下图所示。其中，表面层厚度为 150mm（即下沉深度取 150mm，

雨水花园取 200mm)；土壤层厚度为 600mm，孔隙度为 0.15，导水率为 10mm/h。

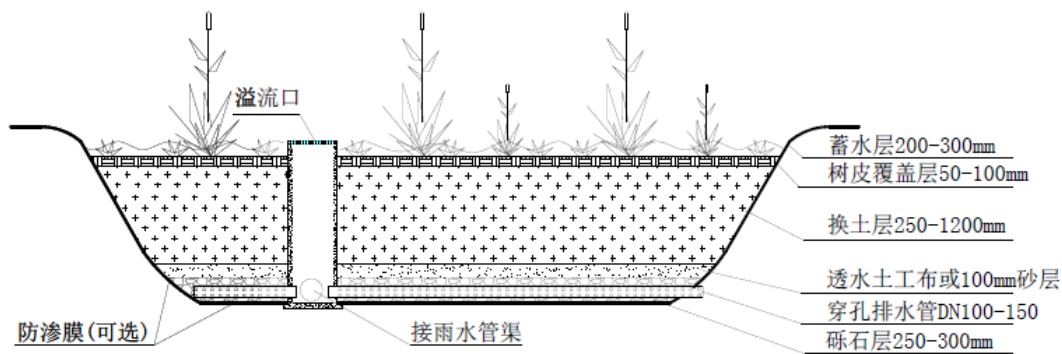


图 9-16 下沉式绿地设施设计断面图

5) 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 20XX 年当地雨量监测站连续监测年降雨时间序列。

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。

表 9-22 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 (%)
20XX 年 连续降雨	1794.9	674.6	616.3	6.75	497.18	73.2

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 73.2%，该海绵城市设计方案达到 68%的控制目标。

