

广西海绵城市建设技术指南

——建筑与小区雨水控制利用技术

广西住房和城乡建设厅

2017年2月

目 录

前言

1 总则

- 1.1 编制目的
- 1.2 适用范围
- 1.3 海绵城市建设基本原则

2 海绵城市基本概念

- 2.1 海绵城市与低影响开发概念
- 2.2 海绵城市雨水系统构成
- 2.3 海绵城市建设目标
- 2.4 海绵城市建设控制指标

3 低影响开发雨水系统构建

- 3.1 低影响开发雨水系统构建途径
- 3.2 低影响开发雨水系统构建技术路线
- 3.3 海绵城市建设规划

4 建筑小区特点及 LID 设计基础资料

- 4.1 建筑小区的特点
- 4.2 降雨特点及暴雨强度公式
- 4.3 建筑小区雨水水质
- 4.4 建筑小区雨水利用需求
- 4.5 土壤渗透系数
- 4.6 建筑小区海绵城市建设控制指标

5 建筑小区常用低影响开发设施及设计要点

- 5.1 下沉式绿地
- 5.2 雨水花园
- 5.3 植草沟
- 5.4 绿色屋顶
- 5.5 透水地（路）面铺装（含透水砖、透水混凝土、植草砖、慢行步道）

5.6 景观水体

6 建筑小区低影响开发关键技术

6.1 雨水断接技术

6.2 建筑小区地下室覆土层低影响开发雨水系统技术措施

6.3 蓄水池及雨水处理、回用技术

6.4 景观及植物配置技术

6.5 既有建筑小区海绵化改造

6.6 初期雨水弃流技术

6.7 低影响开发雨水控制利用与绿色建筑相结合

7 建筑小区低影响开发雨水系统设计与计算

7.1 低影响开发雨水系统设计

7.2 低影响开发雨水系统控制指标

7.3 低影响开发雨水系统设施的选用

7.4 低影响开发雨水系统设施的布置

7.5 蓄水池及雨水回用系统设置

7.6 低影响开发雨水系统设施设计计算

7.7 专业配合与协调

8 建筑小区低影响开发雨水系统工程建设

8.1 基本要求

8.2 工程建设

9 建筑小区低影响开发雨水系统设施维护与管理

9.1 基本要求

9.2 设施维护与管理

附录 1 主要术语

附录 2 广西各主要城市暴雨强度公式

附录 3 广西年径流总量控制率分区图

附录 4 年径流总量控制率与设计降雨量的关系（南宁市）

附录 5 广西各主要城市平均年降雨量和日降雨量

附录 6 广西建筑与小区常用植物名录

附录 7 雨水控制与利用设施单价（南宁市）

附录 8 引用标准名录

附录 9 典型案例

主编单位： 华蓝设计（集团）有限公司

参编单位： 广西城镇供水排水协会

主要起草人： 陈永青、黄正策、赵 宇、黄修齐、黄丽君、潘晓玲、
梁 燕、熊尚雷、杨自雄、秦德全、徐成志、石晗婧、
陈顺霞、郑家荣、麦新发

主要审核人：

前 言

为贯彻落实习近平总书记讲话及中央城镇化工作会议精神，大力推进建设自然积存、自然渗透、自然净化的海绵城市，节约水资源，保护和改善城市生态环境，促进生态文明建设，依据《城镇排水与污水处理条例》、《国务院办公厅关于做好城市排水防涝设施建设工作的通知》（国办发〔2013〕23号）、《国务院关于加强城市基础设施建设的意见》（国发〔2013〕36号）、《海绵城市建设技术指南—低影响开发雨水系统构建（试行）》（建城函〔2014〕275号）、《关于印发“水污染防治行动计划”的通知》（国务院国发〔2015〕17号文）、《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号文）等法规与政策，结合《城市排水工程规划规范》、《室外排水设计规范》、《绿色建筑评价标准》等相关标准规范，以及结合广西气候特点、水资源情况、建筑与小区特点等编制了本指南。

本指南主要用于指导建筑与小区海绵城市建设，主要内容包括：总则、基本概念、低影响开发雨水系统构建、基础资料及建筑小区特点、建筑小区常用低影响开发设施及设计要点、建筑小区低影响开发关键技术、建筑小区低影响开发雨水系统设计与计算、建筑小区低影响开发雨水系统工程建设、建筑小区低影响开发雨水系统设施维护与管理，共9章。指南对海绵城市的基本概念、建设程序、基础资料，以及建筑小区常用海绵措施、关键技术、设计和计算、工程建设、维护及管理等内容进行了论述。在附录中补充了相关参数与案例。

本指南由广西住房和城乡建设厅组织编制和管理，由华蓝设计（集团）有限公司主编，并负责技术解释。参编单位为广西城镇给水排水协会。

请各单位在使用过程中，总结实践经验，提出意见和建议。

1 总则

1.1 编制目的

本指南旨在指导广西新型城镇化建设或改造过程中，在建筑与小区推广应用低影响开发建设模式，优先采用自然、生态的雨水控制与利用设施，尽可能将雨水就地消纳和利用，实现雨水源头减排，达到降低城市内涝风险、削减径流污染负荷、节约水资源、保护和改善生态环境的目的。

建筑与小区是城市雨水径流的源头，建筑小区雨水量约占城市雨水总量的35-40%，是海绵城市建设和改造的重点和难点所在。本指南结合广西实际情况编制，通过规范化、合理化的低影响开发雨水系统技术推广，使建筑与小区在海绵化建设中能够有效避免盲目的建设和浪费，为实现海绵城市的建设目标提供技术保证。

1.2 适用范围

本指南依据住建部《海绵城市建设技术指南—低影响开发雨水系统构建（试行）》、广西雨水资源情况和相关海绵项目实践经验编制，适用于指导广西单体建筑或者建筑小区用地范围内低影响开发雨水系统的建设和改造。可用于指导广西海绵城市建设各层级规划编制过程中低影响开发内容的落实；指导新建、改建、扩建的建筑与小区低影响开发设施的设计、施工与维护管理；用于相关部门对海绵城市建设工作的指导和监督。

1.3 海绵城市建设基本原则

海绵城市建设——低影响开发雨水系统构建的基本原则是规划引领、生态优先、安全为重、因地制宜、统筹建设。

规划引领 城市各层级、各相关专业规划以及后续的建设程序中，应落实海绵城市建设、低影响开发雨水系统构建的内容，先规划后建设，体现规划的

科学性和权威性，发挥规划的控制和引领作用。

生态优先 城市规划中应科学划定蓝线和绿线。城市开发建设应保护河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等水生态敏感区，优先利用自然排水系统与低影响开发设施，实现雨水的自然积存、自然渗透、自然净化和可持续水循环，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。

安全为重 以保护人民生命财产安全和社会经济安全为出发点，综合采用工程和非工程措施提高低影响开发设施的建设质量和管理水平，消除安全隐患，增强防灾减灾能力，保障城市水安全。

因地制宜 各地应根据本地自然地理条件、水文地质特点、水资源禀赋状况、降雨规律、水环境保护与内涝防治要求等，合理确定低影响开发控制目标与指标，科学规划布局和选用下沉式绿地、植草沟、雨水湿地、透水铺装、多功能调蓄等低影响开发设施及其组合系统。

统筹建设 地方政府应结合城市总体规划和建设，在各类建设项目中严格落实各层级相关规划中确定的低影响开发控制目标、指标和技术要求，统筹建设。低影响开发设施应与建设项目的主体工程同时规划设计、同时施工、同时投入使用。

2 海绵城市基本概念

2.1 海绵城市与低影响开发概念

“海绵城市”是指通过加强城市规划建设管理，充分发挥建筑与小区、城市道路、公园绿地和水系等生态系统对雨水的吸纳、蓄渗、缓释和净化作用，有效控制雨水径流和污染，实现雨水的自然积存、自然渗透、自然净化和利用的城市发展模式。

建设“自然积存、自然渗透、自然净化”的海绵城市应顺应自然、尊重自然、恢复自然，遵循生态优先的原则，塑造“山水林田湖，生命共同体”。要将自然途径与人工措施相结合，在确保城市排水防涝安全的前提下，优先考虑把有限的雨水留下来，最大限度地实现雨水在城市区域的自然积存、自然渗透和自然净化，重塑健康自然的弯曲河岸线，营造自然深潭浅滩和泛洪漫滩，促进雨水资源的利用和城市生态环境的改善。我国海绵城市建设是以低影响开发为核心指导思想，以水生态、水环境、水安全、水资源为战略目标，通过灰色与绿色基础设施相结合，构建多目标雨水控制系统的建设模式。

自然积存：充分利用自然地形地貌，滞蓄雨水径流（网络图片）



自然渗透：充分利用下垫面自然条件，促进雨水下渗（网络图片）



自然净化：充分利用天然植被、土壤和微生物，净化雨水



“低影响开发”（Low Impact Development, LID）指在场地开发过程中采用源头、分散式措施维持场地开发前与开发后的水文特征不变，包括径流总量、峰值流量、峰现时间等不改变的城市开发模式。低影响开发是构建海绵城市建设的基本要素，是我国建设海绵城市建设的基本模式。

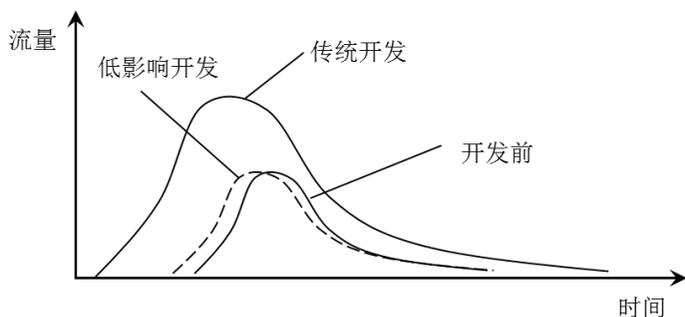


图 2-1 低影响开发水文原理示意图

低影响开发理念的提出，最初是强调从源头控制径流，但随着低影响开发理念及其技术的不断发展，加之我国城市发展和基础设施建设过程中面临的城市内涝、径流污染、水资源短缺、用地紧张等突出问题的复杂性，在我国，低影响开发的含义已延伸至源头、中途和末端不同尺度的控制措施。城市建设过程应在城市规划、设计、实施等各环节纳入低影响开发内容，并统筹协调城市规划、排水、园林、道路交通、建筑、水文等专业，共同落实低影响开发控制

目标。因此，广义来说，低影响开发指在城市开发建设过程中采用源头削减、中途转输、末端调蓄等多种手段，通过渗、滞、蓄、净、用、排等多种技术，实现城市良性水文循环，提高对径流雨水的渗透、调蓄、净化、利用和排放能力，维持或恢复城市的“海绵”功能。

传统开发与低影响开发有以下不同：

传统城市开发	低影响开发
改造自然	顺应自然
填湖造地	利用天然河湖水系
硬质铺装	透水地面、下沉式绿地
修建大管网	地上地下并重
投资规模大	投资效益高
运行成本高、效益低	运行成本低、效益高

2.2 海绵城市雨水系统构成

海绵城市雨水系统由低影响开发雨水系统、城市雨水管渠系统及超标雨水径流排放系统构成。

低影响开发雨水系统主要通过对雨水的渗透、储存、调节、转输与截污净化等功能，有效控制径流总量、径流峰值和径流污染；

城市雨水管渠系统即传统雨水排水系统，应与低影响开发雨水系统共同组织径流雨水的收集、转输与排放；

超标雨水径流排放系统，用来应对超过雨水管渠系统设计标准的雨水径流，一般通过综合选择自然水体、多功能调蓄水体、行泄通道、调蓄池、深层隧道等自然途径或人工设施构建。

需要明确的是，以上三个系统并不是孤立的，也没有严格的界限，三者相互补充、相互依存，是海绵城市雨水系统的重要构成部分。

2.3 海绵城市建设目标

海绵城市建设宏观上应以目标为导向，使海绵城市建设与生态文明建设、

新型城镇化、建设宜居城市和低碳城市相协调统一；以海绵城市为抓手，提升城市基础设施建设水平，解决城市发展中存在的水方面问题。微观上就是以存在问题为导向，解决城市建设中存在的水安全（缓解或解决城市内涝，特别是老城区内涝）、水环境和水生态（黑臭水体治理和水环境改善）、水资源（雨水资源化利用）与水文化（突出本地水文化特色）问题。

海绵城市建设就是从城市实际情况出发，落实水资源、水安全、水环境、水生态、水文化等方面的建设内容，采取“渗、滞、蓄、净、用、排”措施，实现城市环境的根本改变。

2.4 海绵城市建设控制目标

2.4.1 海绵城市规划控制目标

低影响开发雨水系统规划控制目标一般包括径流总量控制、径流峰值控制、径流污染控制和雨水资源化利用等（如图 2-2 所示）。

各地区应结合水环境现状、水文地质条件等特点，合理选择其中一项或多项目标作为规划控制目标。鉴于径流污染控制、雨水资源化利用均可通过径流总量实现控制，因此，各地低影响开发雨水系统构建可选择径流总量控制作为首要的规划控制目标。

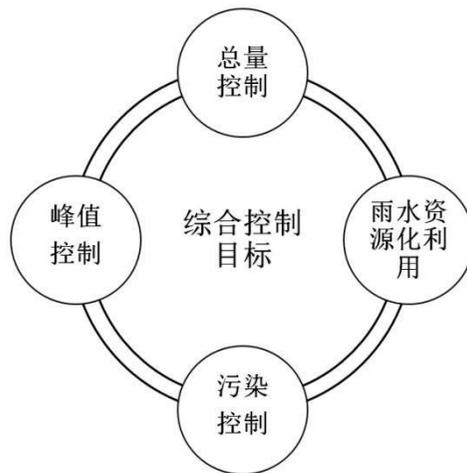


图 2-2 低影响开发控制目标示意图

1 径流总量控制目标

低影响开发雨水系统的径流总量控制一般采用年径流总量控制率作为控制目标。年径流总量控制率概念示意图如图2-3所示。

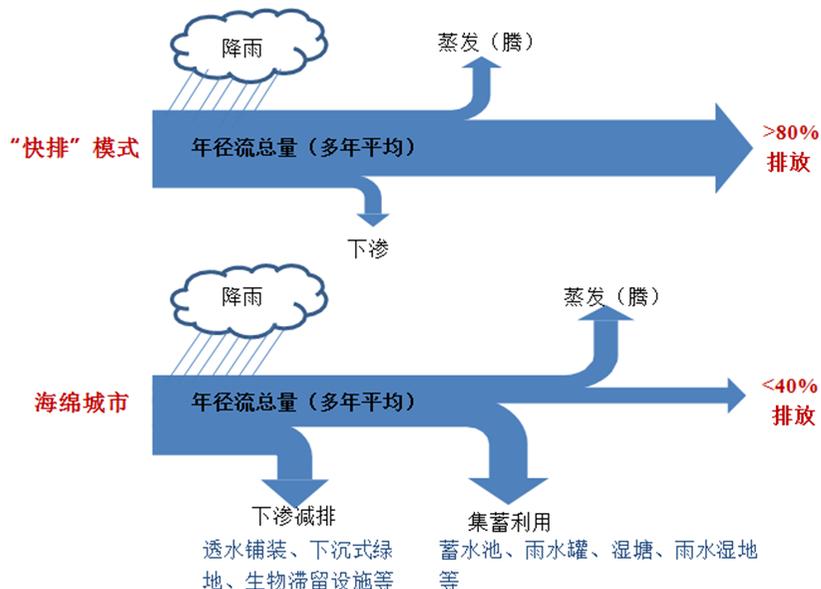


图 2-3 年径流总量控制率概念示意图

年径流总量控制率即是场地内累计全年得到控制（不外排）的雨水量占全年总降雨量的百分比，也即是降雨总量的控制率。

设计降雨量即是为实现一定的年径流总量控制目标（年径流总量控制率）的降雨量控制值，通常用日降雨量（mm）表示。年径流总量控制率与设计降雨量为一一对应关系。以南宁市为例，当年径流总量控制率为80%时，对应的设计降雨量为33.4 mm。具体换算表格参见本指南附录4。

理想状态下，径流总量控制目标应以开发建设后径流排放量接近开发建设前自然地貌时的径流排放量为标准。自然地貌按照绿地考虑，一般情况下，绿地的年径流总量外排率为15%-20%（相当于年雨量径流系数为0.15-0.20），因此，借鉴发达国家实践经验，年径流总量控制率最佳为80%-85%。

各地市在确定年径流总量控制率时，需要综合考虑多方面因素。一方面，开发建设前的径流排放量与地表类型、土壤性质、地形地貌、植被覆盖率等因

素有关，应通过分析综合确定开发前的径流排放量，并据此确定适宜的年径流总量控制率。另一方面，要考虑当地水资源禀赋情况、降雨规律、开发强度、低影响开发设施的利用效率以及经济发展水平等因素；具体到某个地块或建设项目的开发，要结合本区域建筑密度、绿地率及土地利用布局等因素确定。

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

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

依据住建部编制的《海绵城市建设技术指南—低影响开发雨水系统构建（试行）》，将我国大陆地区大致分为五个区，给出了各区年径流总量控制率 α 的最低和最高限值，即I区（ $85\% \leq \alpha \leq 90\%$ ）、II区（ $80\% \leq \alpha \leq 85\%$ ）、III区（ $75\% \leq \alpha \leq 85\%$ ）、IV区（ $70\% \leq \alpha \leq 85\%$ ）、V区（ $60\% \leq \alpha \leq 85\%$ ），如图 2-4 所示。

广西处于IV区（ $70\% \leq \alpha \leq 85\%$ ）和V区（ $60\% \leq \alpha \leq 85\%$ ）之间，极端暴雨较多，短时间内超大的雨量会使雨水漫流，雨水资源流失，从而造成投资效益及低影响开发设施利用效率不高，因此，可结合实际情况，经比较分析后宜采用较低的年径流总量控制目标。

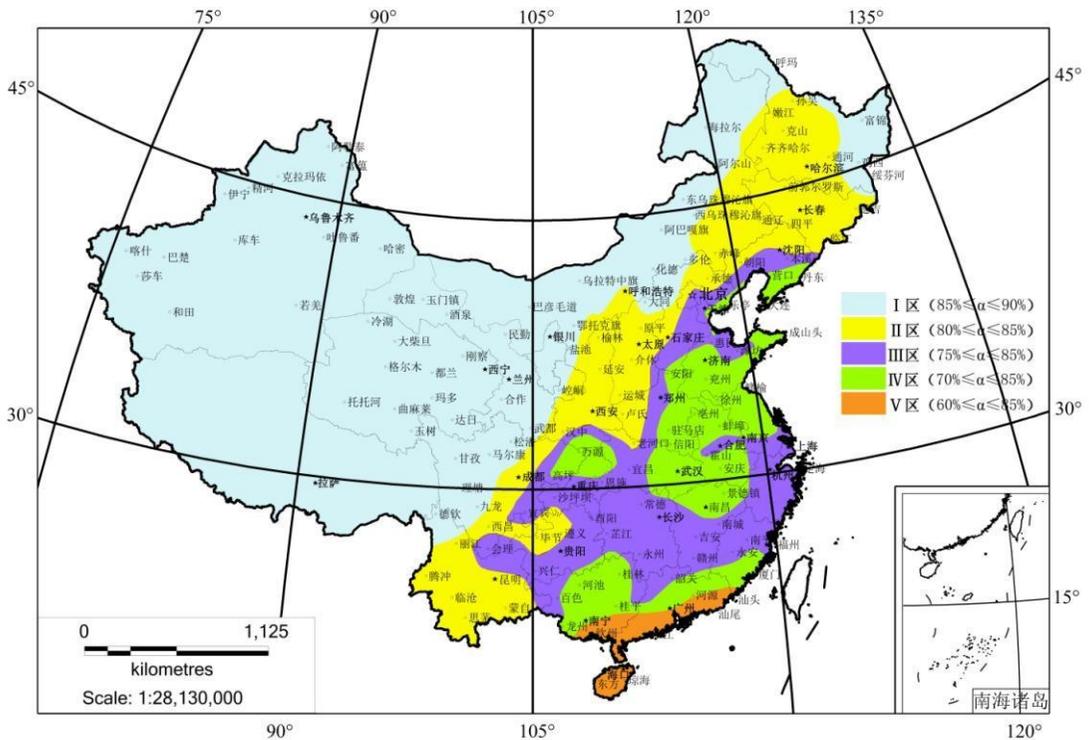


图 2-4 我国大陆地区年径流总量控制率分区图

参照 2-4 图，制作了广西年径流总量控制率分区图，详见附录 3。各地市应参照附录 3 广西年径流总量控制率控制值，因地制宜的确定本地区年径流总量控制目标。

2 径流峰值控制目标

径流峰值流量控制是低影响开发的控制目标之一。低影响开发设施受降雨频率与雨型、低影响开发设施建设与维护管理条件等因素的影响，一般对中、小降雨事件的峰值削减效果较好，对特大暴雨事件，虽仍可起到一定的错峰、延峰作用，但其峰值削减幅度往往较低。因此，为保障城市安全，在低影响开发设施的建设区域，城市雨水管渠和泵站的设计重现期、径流系数等设计参数仍然应当按照《室外排水设计规范》（GB50014）中的相关标准执行。

同时，低影响开发雨水系统是城市内涝防治系统的重要组成，应与城市雨水管渠系统及超标雨水径流排放系统相衔接，建立从源头到末端的全过程雨水

控制与管理体系，共同达到内涝防治要求，城市内涝防治设计重现期应按《室外排水设计规范》（GB50014）中内涝防治设计重现期的标准执行。

在建筑小区设计中，应按控制雨水径流峰值的计算公式（7.6.9-2）对需要控制及利用的雨水径流总量进行校核。

3 径流污染控制目标

水汽蒸发到空中，再凝结成水滴落下来形成雨，在雨滴下到地面之前可能会受到漂浮于空气中污染物的污染，如果雨滴落在水面或者草地上，那么雨滴总体上受到的污染是轻微的，这时候的雨水比较干净；如果雨滴下落到受污染的屋面或者地面，由于冲刷污染物使得雨水受到污染，就产生了严重污染的初期雨水。屋顶污染物少一些，雨水被污染的程度就相对较轻，道路雨水污染物较多，也可能受到汽车油污的污染，道路雨水受污染的程度就相对较重。如果没有较干净的排水通道，雨水在径流过程中也可能进一步受到污染，最常见的是雨污分流不彻底使雨水受到了污水的污染。

径流污染的控制就是通过低影响开发雨水系统设施降低污染物对雨水的污染：一方面是要降低雨水在落到地面后污染物对雨水的污染；另一方面是通过低影响开发雨水系统设施削减雨水中的污染物。

雨水径流污染控制是低影响开发雨水系统的控制目标之一，从城市雨水径流污染控制出发，既要控制分流制径流污染物总量，也要控制合流制溢流的频次或污染物总量。各地应结合城市水环境质量要求、径流污染特征等确定径流污染综合控制目标和污染物指标，污染物指标可采用悬浮物（SS）、化学需氧量（COD）、总氮（TN）、总磷（TP）等。径流污染物中，SS 往往与其他污染物指标有一定的相关性，因此，一般采用 SS 作为径流污染物控制指标，低影响开发雨水系统的年 SS 总量去除率一般可达到 40%~60%。年 SS 总量去除率可用下述方法进行计算：

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

年 SS 总量去除率，可通过不同区域的年 SS 总量去除率经年径流总量（年均降雨量×综合雨量径流系数×汇水面积）加权平均计算得出。

考虑到径流污染物变化的随机性和复杂性，径流污染控制目标一般也通过

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

建筑小区内海绵设施能够去除的污染物均存在于蓄水池、景观水体、下沉式绿地、雨水花园等海绵设施的雨水中，这些设施的雨水包含了径流系数大和污染相对严重的建筑天面、道路、广场等硬化面的雨水（其余天然绿地的雨水为降雨直接下到绿地，污染物极少，绿地本身可消化掉；透水铺装地（路）面积占建筑小区面积比例小，其调节容积可忽略不计，污染物去除率在径流系数中已考虑），可以用海绵设施雨水有效调蓄容积与海绵设施污染物去除率计算建筑小区污染物去除率（ η_{ss} ），详见 7.6.11。

4 雨水资源化利用

雨水资源化利用就是雨水经过与用途相对应的处理设施处理后得到回用。

适合于广西建筑小区的雨水回用用途为回用于绿化灌溉、景观水体补充水、循环冷却水补水、道路浇洒用水、洗车用水、补充地下水等。

采用雨水资源化利用设施时，回用水量与建筑小区回用水的需水量应取得平衡。

2.4.2 海绵城市规划控制目标选择

海绵城市建设应确定控制目标，各地应根据当地降雨特征、水环境情况、径流污染状况、水文地质条件、内涝风险控制要求和雨水资源化利用需求等实际情况，结合当地水环境突出问题、经济性等因素，合理确定低影响开发雨水径流主要控制目标，可以是一个主要目标，也可以同时实行多目标控制：

① 水资源缺乏的城市或地区，可采用水量平衡分析等方法确定雨水资源化利用的目标；雨水资源化利用一般应作为径流总量控制目标的一部分；

② 对于水资源丰沛的城市或地区，可侧重径流污染及径流峰值控制目标；

③ 径流污染问题较严重的城市或地区，可结合当地水环境容量及径流污染控制要求，确定年 SS 总量去除率等径流污染物控制目标。实践中，一般转换为年径流总量控制率目标；

④ 对于水土流失严重和水生态敏感地区，宜选取年径流总量控制率作为规划控制目标，尽量减小地块开发对水文循环的破坏；

⑤ 易涝城市或地区可侧重径流峰值控制，并达到《室外排水设计规范》（GB50014）中内涝防治设计重现期标准；

⑥ 面临内涝与径流污染防治、雨水资源化利用等多种需求的城市或地区，可根据当地经济情况、空间条件等，选取年径流总量控制率作为首要规划控制目标，综合实现径流污染和峰值控制及雨水资源化利用目标。

3 低影响开发雨水系统构建

3.1 低影响开发雨水系统构建途径

地方人民政府应作为落实海绵城市——低影响开发雨水系统构建的责任主体，统筹协调规划、国土、排水、道路、交通、园林、水文等职能部门，落实低影响开发雨水系统的建设内容。

海绵城市——低影响开发雨水系统构建需统筹协调城市开发建设各个环节。在城市各层级、各相关规划中均应遵循低影响开发理念，明确低影响开发控制目标，结合城市开发区域或项目特点确定相应的规划控制指标，落实低影响开发设施建设的主要内容。设计阶段应对不同低影响开发设施及其组合进行科学合理的平面与竖向设计，在建筑与小区、城市道路、绿地与广场、水系等规划建设中，应统筹考虑景观水体、滨水带等开放空间，建设低影响开发设施，构建低影响开发雨水系统。低影响开发雨水系统的构建与所在区域的规划控制目标、水文、气象、土地利用条件等关系密切，因此，选择低影响开发雨水系统的流程、单项设施或其组合系统时，需要进行技术经济分析和比较，优化设计方案。低影响开发设施建成后应明确维护管理责任单位，落实设施管理人员，细化日常维护管理内容，确保低影响开发设施运行正常。低影响开发雨水系统构建途径示意图如图 3-1 所示。

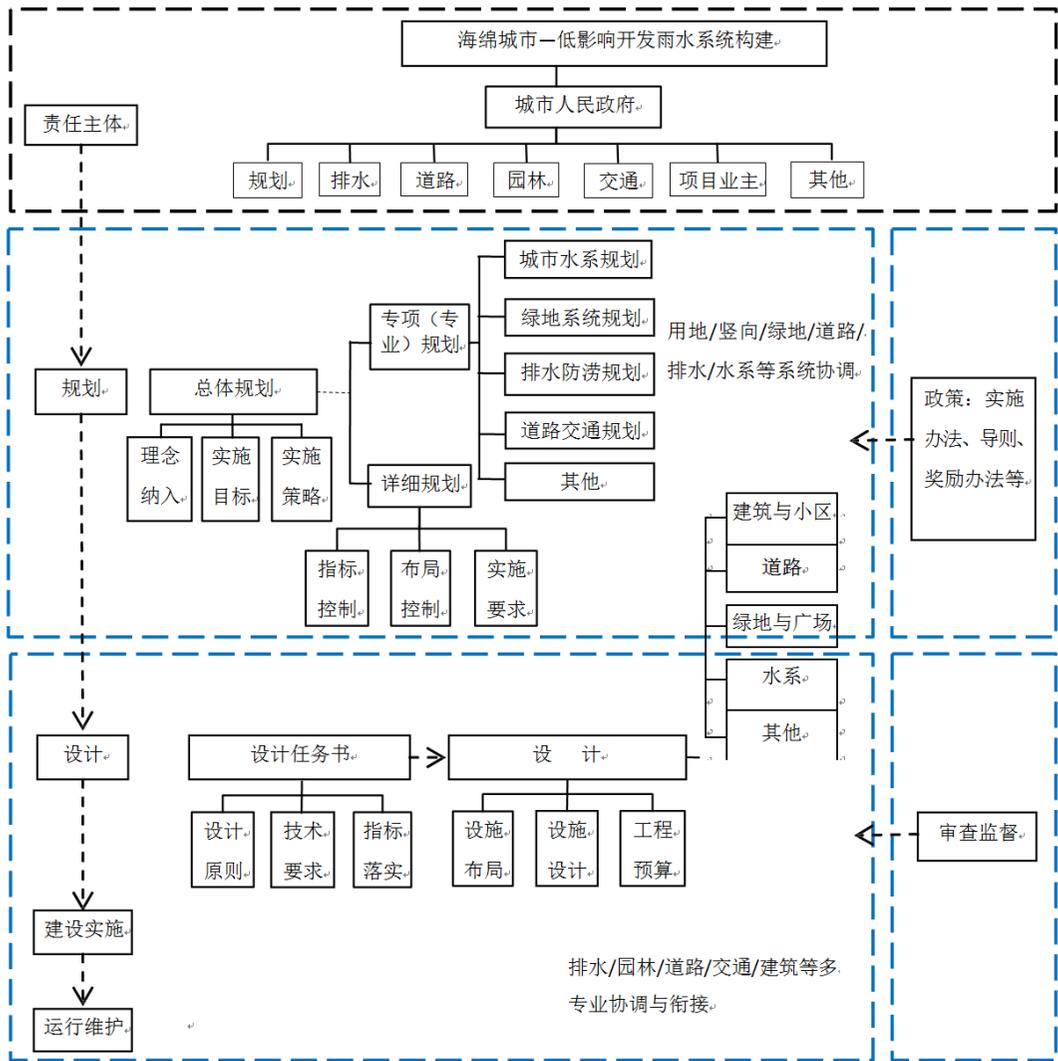


图 3-1 低影响开发雨水系统构建途径示意图

3.2 低影响开发雨水系统构建技术路线

3.2.1 海绵城市建设主要内容及建设思路

1 主要建设内容

建设海绵城市可有效缓解城市内涝，降低城市雨水径流污染，有效利用和节约水资源，保护和改善城市生态环境，海绵城市建设主要针对以下几个方面进行：

(1) 加强对城市原有生态系统的保护。最大限度地保护原有的河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等水生态敏感区，留有足够涵养水源、应对较大强度降雨的林地、草地、湖泊、湿地，维持城市开发前的自然水文特征，这是海绵城市建设的基本要求；

(2) 对原有生态系统的恢复和修复。对传统粗放式城市建设模式下，已经受到破坏的水体和其他自然环境，运用生态的手段进行恢复和修复，并维持一定比例的生态空间；

(3) 实施低影响开发。按照对城市生态环境影响最低的开发建设理念，合理控制开发强度，在城市中保留足够的生态用地，控制城市不透水面积比例，最大限度的减少对城市原有水生态环境的破坏，同时，根据需求适当开挖河湖沟渠、增加水域面积，促进雨水的积存、渗透和净化。

2 建设思路

海绵城市低影响开发雨水系统构建关键在于根据城市特点找准问题，因地制宜科学地制定目标；做好顶层设计，确保规划先行；还应设计、实施、维护并重，处理好景观与海绵功能的关系。最后达到源头减排、过程控制、系统治理、统筹建设的综合目标。

3.2.2 低影响开发雨水系统构建技术框架

1 低影响开发雨水系统构建技术框架图

在城市总体规划阶段，应加强相关专项（专业）规划对总体规划的有力支撑作用，提出城市低影响开发策略、原则、目标要求等内容；在控制性详细规划阶段，应确定各地块的控制指标，满足总体规划及相关专项（专业）

规划对规划地段的控制目标要求；在修建性详细规划阶段，应在控制性详细规划确定的具体控制指标条件下，确定建筑、道路交通、绿地等工程中低影响开发设施的类型、空间布局及规模等内容；最终指导并通过设计、施工、验收环节实现低影响开发雨水系统的实施；低影响开发雨水系统应加强运行维护，保障实施效果，并开展规划实施评估，用以指导总规及相关专项（专业）规划的修订。城市规划、建设等相关部门应在建设用地规划或土地出让、建设工程规划、施工图设计审查及建设项目施工等环节，加强对海绵城市——低影响开发雨水系统相关目标与指标落实情况的审查。

海绵城市——低影响开发雨水系统构建技术框架如图 3-2 所示。

2 低影响开发雨水系统构建具体落实时应注意几个关键技术环节

(1) 现状调研分析。通过当地自然气候条件（降雨情况）、水文及水资源条件、地形地貌、排水分区、河湖水系及湿地情况、用水供需情况、水环境污染情况调查，分析城市竖向、低洼地、市政管网、园林绿地等建设情况及存在的主要问题。

(2) 制定控制目标和指标。各地应根据当地的环境条件、经济发展水平等，因地制宜地确定适用于本地的径流总量、径流峰值和径流污染控制目标及相关指标。

(3) 建设用地选择与优化。本着节约用地、兼顾其他用地、综合协调设施布局的原则选择低影响开发技术和设施，保护雨水接纳体，优先考虑使用原有绿地、河湖水系、自然坑塘、废弃土地等用地，借助已有用地和设施，结合城市景观进行规划设计，以自然为主，人工设施为辅，必要时新增低影响开发设施用地和生态用地。有条件的地区，可在汇水区末端建设人工调蓄水体或湿地。严禁城市规划建设中侵占河湖水系，对于已经侵占的河湖水系，应创造条件逐步恢复。

(4) 低影响开发技术、设施及其组合系统选择。低影响开发技术和设施选择应遵循以下原则：注重资源节约，保护生态环境，因地制宜，经济适用，并与其他专业密切配合。

结合各地气候、土壤、土地利用等条件，选取适宜当地条件的低影响开发技术和设施，主要包括下沉式绿地、生物滞留设施、透水铺装、渗透塘、湿塘、雨水湿地、植草沟、植被缓冲带等。恢复开发前的水文状况，促进雨水的储存、渗透和净化。

合理选择低影响开发雨水技术及其组合系统，包括截污净化系统、渗透系统、储存利用系统、径流峰值调节系统、开放空间多功能调蓄等。地下水超采地区应首先考虑雨水下渗，干旱缺水地区应考虑雨水资源化利用，一般地区应结合景观设计增加雨水调蓄空间。

(5) 设施布局。应根据排水分区，结合项目周边用地性质、绿地率、水域面积率等条件，综合确定低影响开发设施的类型与布局。应注重公共开放空间的多功能使用，高效利用现有设施和场地，并将雨水控制与景观相结合。

(6) 确定设施规模。低影响开发雨水设施规模设计应根据水文和水力学计算得出，也可根据模型模拟计算得出。

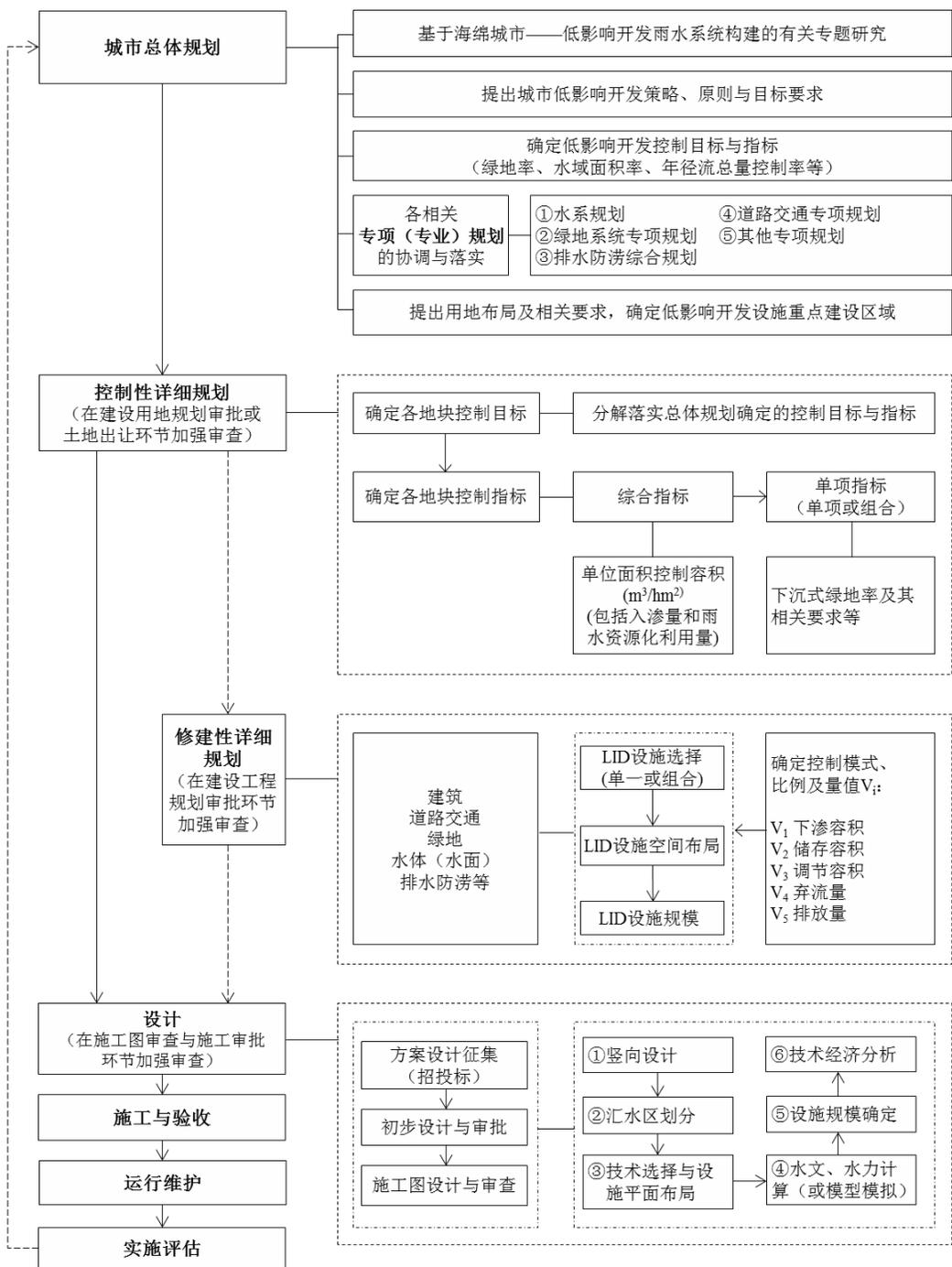


图 3-2 海绵城市——低影响开发雨水系统构建技术框架

3.3 海绵城市建设规划

3.3.1 海绵城市建设规划构成

城市总体规划（含分区规划）、详细规划和专项规划应纳入海绵城市——低影响开发雨水系统的相关内容。有条件的城市应编制海绵城市总体规划和专项规划，坚持规划先行，通过规划指导海绵城市建设。

城市总体规划应创新规划理念与方法，将低影响开发雨水系统作为新型城镇化和生态文明建设的重要手段，引入年径流总量控制率等相关指标。城市总体规划应开展低影响开发专题研究，包含城市水生态敏感区保护、土地集约开发利用、合理控制地表径流、合理控制不透水面积、明确低影响开发策略和重点建设区域、市政基础设施、水生态环境保护等相关内容。应因地制宜地确定城市年径流总量控制率及其对应的设计降雨量目标，制定城市低影响开发雨水系统的实施策略、原则和重点实施区域，并将有关要求和内容纳入城市水系、排水防涝、绿地系统、道路交通等相关专项（专业）规划。编制分区规划的城市应在总体规划的基础上，按低影响开发的总体要求和控制目标，将低影响开发雨水系统的相关内容纳入其分区规划。

详细规划（控制性详细规划、修建性详细规划）应落实城市总体规划及相关专项（专业）规划确定的低影响开发控制目标与指标，因地制宜，落实涉及雨水渗、滞、蓄、净、用、排等用途的低影响开发设施用地；并结合用地功能和布局，分解和明确各地块单位面积控制容积、下沉式绿地率及其下沉深度、透水铺装率、绿色屋顶率等低影响开发主要控制指标，指导下层级规划设计或地块出让与开发。应明确各地块的低影响开发控制指标，合理组织地表径流，统筹落实和衔接各类低影响开发设施。

在城市水系规划、城市绿地系统专项规划、城市排水防涝综合规划、城市道路交通专项规划等专项规划应纳入海绵城市——低影响开发雨水系统

的相关内容。有条件的城市（新区）可编制基于低影响开发理念的雨水控制与利用专项规划，兼顾径流总量控制、径流峰值控制、径流污染控制、雨水资源化利用等不同的控制目标，构建从源头到末端的全过程控制雨水系统；利用数字化模型分析等方法分解低影响开发控制指标，细化低影响开发规划设计要点，供各级城市规划及相关专业规划编制时参考；落实低影响开发雨水系统建设内容、建设时序、资金安排与保障措施。

3.3.2 海绵城市专项规划编制

1 海绵城市专项规划编制原则

海绵城市专项规划可与城市总体规划同步编制，也可单独编制。海绵城市专项规划经批准后，编制或修改城市总体规划时，应将雨水年径流总量控制率纳入城市总体规划，将海绵城市专项规划中提出的自然生态空间格局作为城市总体规划空间开发管制要素之一；编制或修改控制性详细规划时，应参考海绵城市专项规划中确定的雨水年径流总量控制率等要求，并根据实际情况，落实雨水年径流总量控制率等指标；编制或修改城市道路、绿地、水系统、排水防涝等专项规划，应与海绵城市专项规划充分衔接。

海绵城市专项规划应依据《海绵城市规划编制导则》进行编制，并应坚持以下编制原则：

（1）应坚持保护优先、生态为本、自然循环、因地制宜、统筹推进的原则，最大限度地减小城市开发建设对自然和生态环境的影响；

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

（3）应统筹规划，远近兼顾。统筹城市基础设施，与道路、绿地、竖向、水系、景观、防洪等充分衔接；合理确定建设时序，有序建设；

(4) 规划范围原则上应与城市规划区一致，同时兼顾雨水汇水区和山、水、林、田、湖等自然生态要素的完整性。

2 海绵城市专项规划应包括下列主要内容

海绵城市专项规划的主要任务是研究提出需要保护的自然生态空间格局、明确雨水年径流总量控制率等目标并进行分解和确定海绵城市近期建设的重点。海绵城市专项规划应包括以下主要内容：

(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、竖向、排水系统、城市开发前的水文状况等基本特征，识别城市水资源、水环境、水生态、水安全等方面存在的问题。

(2) 确定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），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。

(4) 提出海绵城市建设分区指引。识别山、水、林、田、湖等生态本底条件，提出海绵城市的自然生态空间格局，明确保护与修复要求；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。超大城市、特大城市和大城市要分解到排水分区；中等城市和小城市要分解到控制性详细规划单元，并

提出管控要求。

(6) 提出规划措施和相关专项规划衔接的建议。针对内涝积水、水体黑臭、河湖水系生态功能受损等问题，按照源头减排、过程控制、系统治理的原则，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，并提出与城市道路、排水防涝、绿地、水系统等相关规划相衔接的建议。

(7) 明确近期建设重点。明确近期海绵城市建设重点区域，提出分期建设要求。

(8) 提出规划保障措施和实施建议。

(9) 海绵城市专项规划成果应包括文本、图纸和相关说明。成果的表达应当清晰、准确、规范，成果文件应当以书面和电子文件两种方式表达。

4 建筑小区特点及 LID 设计基础资料

4.1 建筑小区的特点

随着城市化的发展，建筑与小区占据着城区近 70% 的面积，是城市雨水排水系统的起端，也是海绵城市建设控制的关键源头。建筑与小区在海绵城市建设方面主要有以下特点

(1) 不透水硬化地面比例高，可入渗的雨水量较小，地面径流量大，易产生“热岛效应”。

(2) 建筑密度大，楼层高和人口密度大，人均绿地少，且大部分绿地高于路面，不具备雨水调蓄功能。

(3) 部分新建小区对地下空间的过度开发（建设了大面积的地下建筑），一方面雨水难以透过土壤补充地下水，另一方面雨水调蓄池难以找到合适位置埋设。

(4) 部分老旧小区的排水系统仍为雨污合流制管网，且截流倍数较低，强降雨天气条件下很容易造成污染物地表径流直接排入市政雨水管网，造成内河的污染。

(5) 部分老旧小区建筑密度较高，且以多层建筑为主，基础埋深较浅，不宜进行大面积的开挖。因此对老旧小区进行海绵化改造时，指标应合理确定，不宜过高。

(6) 小区内的景观水体容量有限，未预留雨水调蓄的容积。

4.2 降雨特点及暴雨强度公式

广西壮族自治区是中国降水量最丰富地区之一。各地年降水量均在 1070 毫米以上，大部分地区为 1500—2000 毫米。其地域分布具有东部多，西部少；丘陵山区多，河谷平原少；夏季迎风坡多，背风坡少的特点。

由于受冬、夏季风的交替影响，广西降水量的季节变化不均，干湿季分明。4—9 月为雨季，其降水量占全年降水量的 70—85%，容易发生洪涝灾害；10—

3月为干季，降水量仅占年降水量的15—30%，干旱少雨，易引发森林火灾。此外，结合强降水日数与相应年际变化趋势，可以发现广西省全年都可以出现强降水天气，其实际降水强度在一年中的各个月份也各不相同。而且其强降水的月际分布有明显的双峰型特征，其峰值一般在6月份出现，降水量为16.8d；并于8月份出现第二峰，第二峰并没有第一峰的特征明显，主要为15.6d。在一年之中，广西省一般主要在5-8月份出现强降水情况，其强降水日数占据全年日数的70%左右，尤其是六月份的时候。通过查询资料还发现，强降水过程日数逐月分布呈现单峰型特征，尤其以6月份的强降水日数最多，为4.66d，而在汛期，即4-9月期间出现强降水过程日数占据全年强降水日数的百分之九十以上。

广西强降水日数的分布有明显的地域差异，其分布与年均强降水量分布相一致，全区大部分地区的年均强降水日数在4~9d之间，强降水中心的高值区对应为暴雨日数的高频区，南部沿海地区的钦州、防城两地年强降水日数均在10d以上，东兴达到16d。其他强降水中心的暴雨日数也有8d以上，全区大部分测站出现强降水的日数一般为1d左右，沿海地区相对较高，达到5~7d，高频地区主要分布在沿海地区。

广西各主要城市的暴雨强度公式详附录2。

广西各主要城市平均年降雨量详附录5。

4.3 建筑小区雨水水质

建筑小区的径流雨水水质与所处地理位置、环境等因素关系密切，按照不同径流区域可分为屋面雨水、道路及广场雨水。

4.3.1 建筑小区屋面雨水水质

屋面雨水相对清洁，可作为雨水回收利用的首选水源之一。屋面雨水水质主要与当地的环境条件、屋面材料、降雨强度及降雨间隙等因素有关。

(1) 屋面材料对雨水水质的影响。对于保温隔热屋面、瓦屋面、刚性防水屋面，这类的屋面受大气污染物影响大，雨水中SS较高，COD等较低，经过

沉淀后可去除大部分的 SS；对于卷材防水屋面，有的是油毡屋面也有的用的高分子卷，油毡屋面在阳光的照射下容易分解，导致初期雨水中 COD 的值较高，对于油毡屋面，初期弃流雨水厚度一般要增加。

(2) 季节与气温的影响。广西大部分地区 1~3 月降雨天数较多，但降雨量少；4~9 月为汛期，降雨量占全年的 70%~80%；10~12 月降雨天数和降雨量都较小，夏季的前期降雨中屋面雨水中 COD 浓度较高，随着降雨次数的增多和强度的增大，屋面雨水水质逐渐得到改善，但在夏季的高温下，黑色沥青极易分解老化，产生溶解性的有机物，导致雨水的色度和污染程度较高。

4.3.2 建筑小区道路及广场雨水水质

道路及广场雨水污染物来源较广，主要有以下两个方面：

- (1) 空气中的尘埃和大气的污染物；
- (2) 金属、颗粒态或溶解态的固体物质、有机物及部分无机物、油等。

这些物质的主要来源为各种车辆的排放物、磨损部件，各种生活垃圾的随意废弃，甚至少量化学品的泄漏。

4.3.3 建筑小区雨水水质指标

建筑小区的径流雨水水质应以实测值为准，缺少实测资料时可参考表 4-1 取值。

表 4-1 广西地区初期雨水水质指标参考值

雨水径流类型	初期雨水径流水质	
	COD _{Cr} (mg/L)	SS (mg/L)
屋面	80~100	100~120
小区路面、庭院等	100~120	220~260
商业区域、广场等	420~480	600~800
城中村	350~400	400~1200

注：1、透水铺装下收集的雨水 COD_{Cr} 为 10~40 (mg/L)，SS<10 (mg/L)。

2、本表初期雨水水质资料摘自广西《低影响开发雨水控制及利用工程设计规范》DBJ/45-013-2016。

4.4 建筑小区雨水利用需求

建筑小区雨水利用，是通过有组织的汇流与转输，经生态绿地或者机械截污处理后，引至以雨水渗透、储存、调节回用设施，实现雨水的资源化，使水文循环向着有利于城市生态化的方向发展。

4.4.1 建筑小区雨水利用需求

(1) 节水需求。处理后的雨水可用于绿地浇洒、水景补水、浇洒路面、冲洗厕所等，甚至可用于循环冷却水和消防水，可有效减少城市自来水用水量，同时达到节能目的；

(2) 生态环境修复需求。通过雨水入渗增加土壤的含水量，补充地下水，可改善水环境乃至生态环境；

(3) 城市雨洪调节功能需要。小区的雨水利用可减少外排雨水量，降低进入市政雨水系统的峰值流量，从而降低城市内涝风险。

4.4.2 雨水利用方式

根据用途不同，雨水利用可以分为雨水直接利用（回用）；雨水间接利用（渗透）；雨水综合利用等几类。其具体方式也有很多种。表 4-2 列出了常见雨水利用的分类、方式及其用途。雨水利用的用途应根据区域的要求和具体项目条件而定。一般首先考虑补充地下水、绿化、冲洗道路、停车场、洗车、景观用水、建筑工地等杂用水，有条件时可作为洗衣、冷却循环、冲厕和消防的补充水源。在严重缺水时也可作为饮用水水源。

表 4-2 雨水利用的分类、方式及其用途

分类	方式		主要用途	
雨水 直接利用	按区域功能不同	住宅区	绿化 浇洒道路 洗车 冲厕 冷却循环 景观补充水	
		商业区		
	按规模和集中程度不同	集中式		建筑群或区域整体
		分散式		建筑单体雨水利用
		综合式		集中与分散相结合
按主要构筑物	地上式			

	地面的相对关系	地下式		其他
雨水 间接利用	按规模和集中程度不同	集中式	干式深井回灌	渗透补充地下水
			湿式深井回灌	
		分散式	渗透检查井	
			渗透管、植草沟等	
			渗透池（塘）	
			透水铺装地面	
下凹式雨水花园等				
雨水 综合利用	因地制宜；回用与渗透相结合；利用与洪涝控制、污染控制相结合；利用与景观、改善生态环境相结合等			多用途、多层次、多目标；城市生态环境保护与改善。可持续发展的需要

4.5 土壤渗透系数

入渗系统的土壤渗透系数应在 $10^{-6} \sim 10^{-3}$ m/s 之间，土壤渗透系数以实测资料为准，无实测资料时，可参照表 4-3 中数值选用。

表 4-3 土壤渗透系数

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

注：膨胀土和高含盐土等特殊土壤地质场所的雨水入渗系统需保证建筑基础、道路路基等的安全性，采用相应的保护措施后方可使用。

4.6 建筑小区海绵城市建设控制指标

广西建筑小区海绵城市建设控制指标分为强制性指标和指导性指标：

(1) 强制性指标，包括年径流总量控制率及年污染物削减率（以SS总量去除率计）；

参照附录3，广西分为四个年径流总量控制率分区，即II区（ $80\% \leq \alpha \leq 85\%$ ；半干旱区）、III区（ $75\% \leq \alpha \leq 85\%$ ；半湿润区）、IV区（ $70\% \leq \alpha \leq 85\%$ ；湿润区）、V区（ $60\% \leq \alpha \leq 85\%$ ；湿润区）。

(2) 引导性指标包括下沉式绿地率、绿色屋顶覆盖率和透水铺装率。

建筑小区海绵城市建设控制指标详见表4-4

表4-4 建筑小区海绵城市建设控制指标

指标类型		指标
强制性指标	年径流总量控制率	II区：改建不低于75%，新建不低于80%； III区：改建不低于70%，新建不低于80%； IV区：改建不低于65%，新建不低于80%； V区：改建不低于60%，新建不低于75%。
	年污染物削减率 (以SS总量去除率计)	$\geq 50\%$
引导性指标	下沉式绿地率	既有居住区改造，下沉式绿地率不宜低于20%； 新建居住区下沉式绿地率不宜低于40%。
	绿色屋顶覆盖率	新建区公共建筑绿色屋顶绿化率不宜低于20%。
	透水铺装率	既有居住区改造，除机动车道以外的硬化地面， 透水铺装率不宜低于20%； 新建居住区，除机动车道以外的硬化地面，透水 铺装率不宜低于60%。 改建道路人行道透水铺装率不宜低于30%，新建 道路人行道透水铺装率不宜低于50%。

注：1、控制指标应以各地市公布的海绵城市专项规划为准，未公布时可参考本表采用。

2、本表数值摘录自广西《低影响开发雨水控制及利用工程设计规范》DBJ/45-013-2016。
其中，引导性指标为参考南宁市指标进行编制。

5 建筑小区常用低影响开发设施及设计要点

5.1 下沉式绿地

1 基本概念

下沉式绿地是指低于周边地面标高，可积蓄、下渗自身和周边雨水径流的绿地。

2 设计要点

(1) 下沉式绿地应低于周边铺砌地面或道路，下凹深度宜为 50mm~100mm，且不大于 200mm；

(2) 下沉式绿地内应设置溢流口（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。

下沉式绿地典型构造如图 5-1、5-2 所示。

3 适用性

下沉式绿地的建设费用和维护费用均较低，可在室外绿地的新建与改造中广泛应用，接纳周边环境的雨水径流。但对于径流污染严重、设施底部渗透面距离季节性最高地下水位或岩石层小于 1m 及距离建筑物基础小于 3m（水平距离）的区域，应采取必要的措施（换土、防渗等）防止次生灾害的发生。

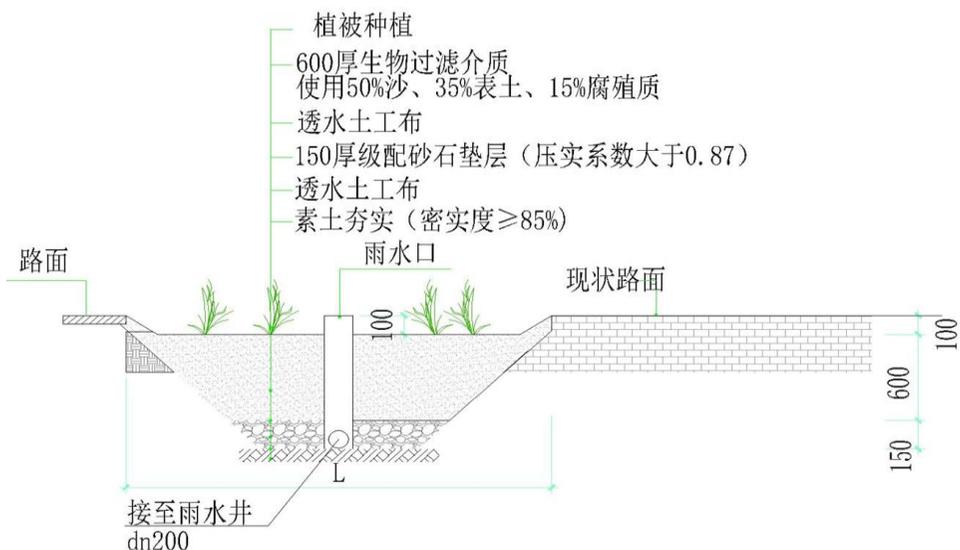


图 5-1 下沉式绿地典型构造示意图



图 5-2 下沉式绿地典型实景图（网络图片）

5.2 雨水花园

1 基本概念

雨水花园指是自然形成的或人工挖掘的浅凹绿地，通过植物、土壤和微生物系统滞蓄、净化雨水径流，由植物层、蓄水层、土壤层、过滤层（或排水层）构成。

2 设计要点

（1）生物滞留设施内应设置溢流设施，可采用溢流竖管、盖篦溢流井或雨水口等，溢流设施顶一般应低于汇水面 100 mm。

（2）生物滞留设施自上而下设置蓄水层、植被及种植土层、砂层、砾石排水层及调蓄层等，各层设置应满足下列要求：

a) 蓄水层深度根据径流控制目标确定，一般为 200mm~300mm，最高不超过 400mm，并应设 100mm 的超高；

b) 种植土层厚度视植物类型确定，当种植草本植物时一般为 250mm，种植木本植物厚度一般为 1000mm；

c) 砂层一般由 100mm 的细沙和粗砂组成；

雨水花园典型构造如图 5-3、5-4 所示。

3 适用性

雨水花园的设计形式多样，易与景观相结合，可广泛用于建筑与小区的室外绿化景观带。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。

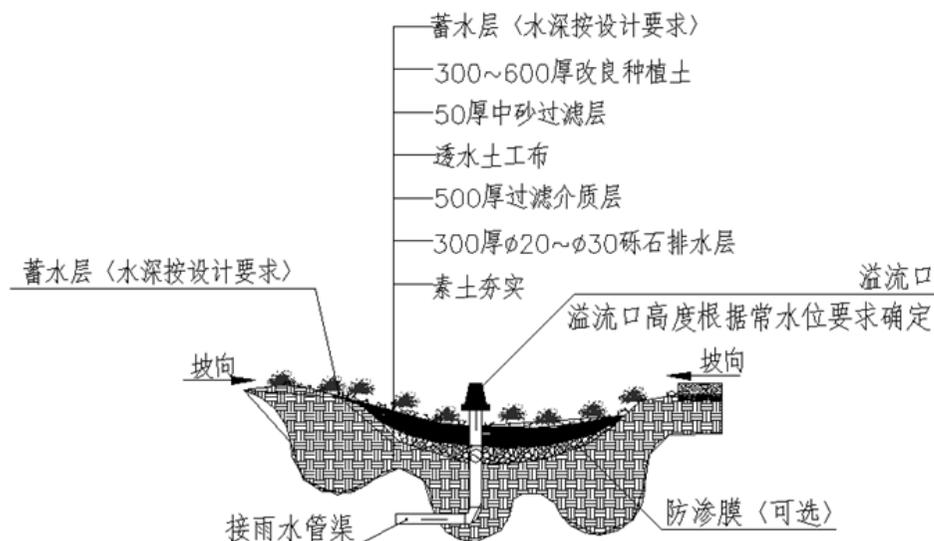


图 5-3 雨水花园典型构造示意图



图 5-4 雨水花园典型实景图 (网络图片)

5.3 植草沟

1 基本概念

植草沟指在地表浅沟中种植植被，可以转输雨水，并利用沟内的植物和土壤截留、净化雨水径流的沟渠。按照植草沟内是否长年保持一定的水面和植草沟主要功能作用分为（渗透型）干式植草沟和（转输型）湿式植草沟。

植草沟可以截流雨水中的污染物，干式植草沟主要起渗透和转输作用；湿式植草沟主要起转输作用。

2 设计要点

- (1) 浅沟断面形式宜采用倒抛物线形、三角形或梯形。
 - (2) 植草沟的边坡坡度（垂直：水平）不宜大于 1:3，纵坡不应大于 4%。纵坡较大时宜设置为阶梯型植草沟或在中途设置消能台坎。
 - (3) 植草沟最大流速应小于 0.8 m/s。
 - (4) 转输型植草沟内植被高度宜控制在 100-200 mm。
 - (5) 植草沟与雨水管道的连接宜采用溢流雨水口、溢流管等方式，溢流雨水口或溢流管可设置于植草沟末端，顶部宜高出绿地种植土面 50~100mm。
- 植草沟典型构造如图 5-5、5-6、5-7 所示。

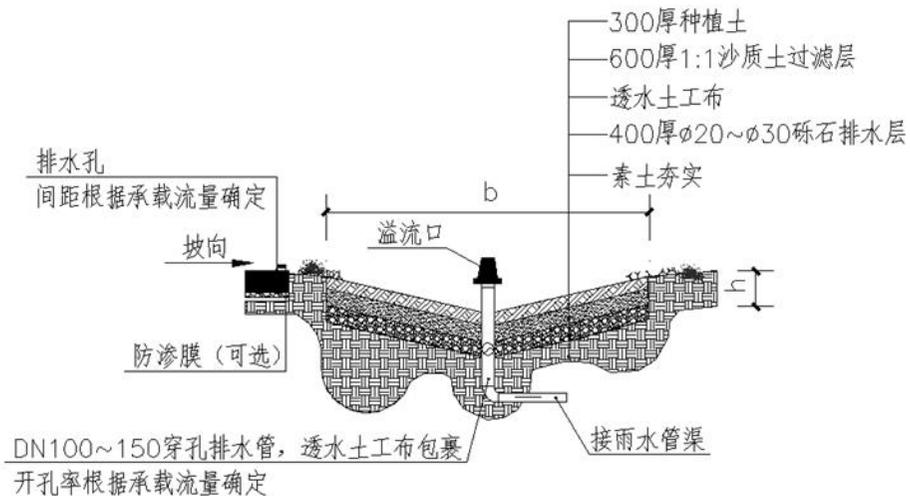


图 5-5 干式植草沟典型构造示意图

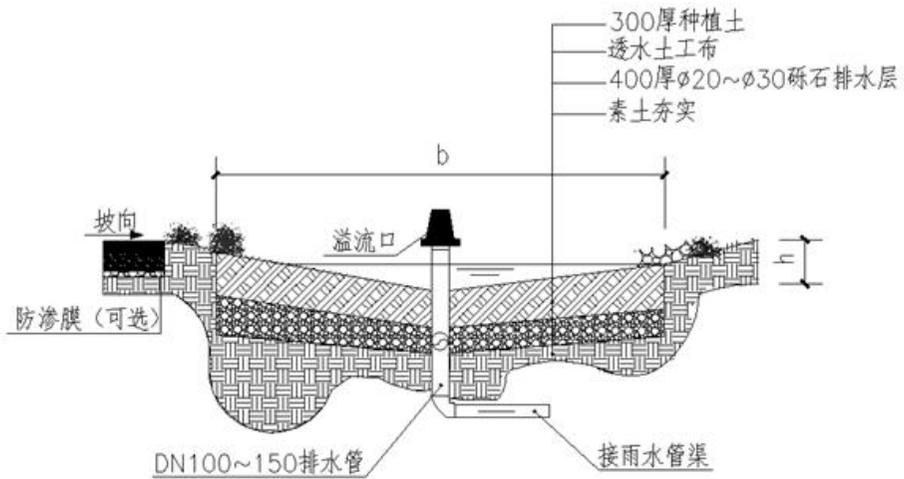


图 5-6 湿式\转输型植草沟典型构造示意图



图 5-7 植草沟典型实景图

3 适用性

植草沟可与雨水管/沟联合应用，用于地面雨水的收集和输送，也可作为下沉式绿地、雨水花园等海绵设施的预处理设施。植草沟在设计时宜与景观相结合，且深度不宜过深。

5.4 绿色屋顶

1 基本概念

绿色屋顶指在高出地面以上，与自然土层不连接的各种建筑物、构筑物的顶部，以及天台、露台上由覆土层和疏水设施构建的绿化体系。

2 设计要点

绿色屋顶的基质深度根据植物需求及屋顶荷载确定，设计可参考《种植屋面工程技术规程》(JGJ 155)。

绿色屋顶的典型构造如图 5-8、5-9、5-10 所示。

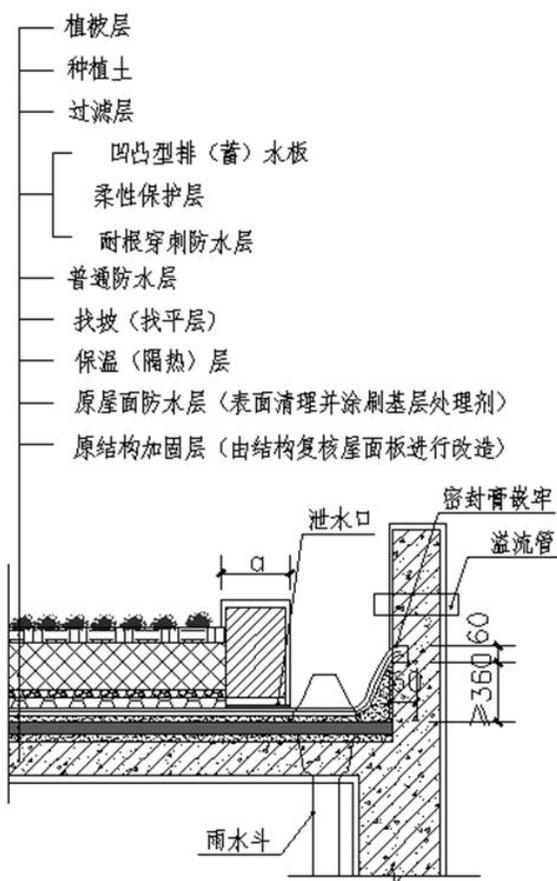


图 5-8 平屋面绿色屋顶典型构造示意图

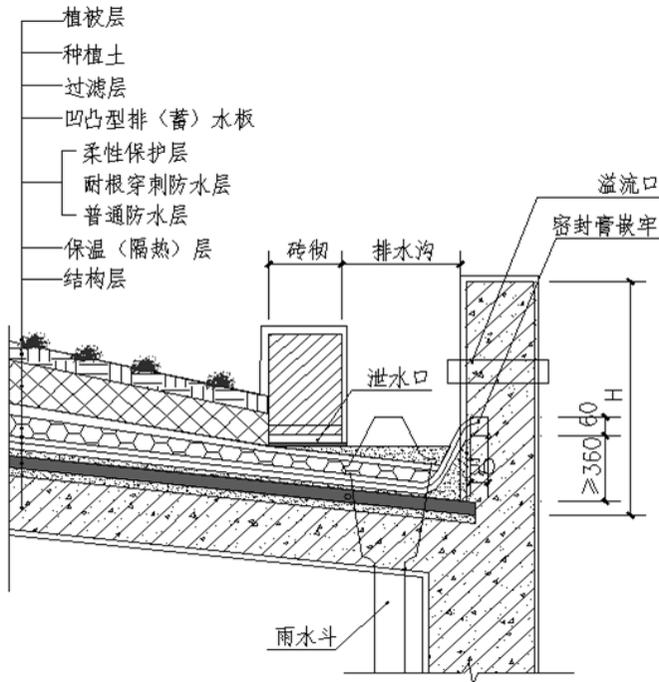


图 5-9 斜屋面绿色屋顶典型构造示意图

3 适用性

绿色屋顶适用于符合屋顶荷载、防水等条件的平屋面建筑和坡度 $\leq 15^\circ$ 的坡屋面建筑，可有效减少屋面径流总量和径流污染负荷，但在需要采用太阳能作为可再生能源的地区，需协调好屋面集热板与绿色屋顶之间的关系。在原有建筑设置绿色屋顶前，应经过结构荷载验算和做好防水。



图 5-10 绿色屋顶典型实景图

5.5 透水地（路）面

1 基本概念

透水地（路）面指可渗透、滞留和渗排雨水并满足一定要求的地面铺装结构。

2 设计要点

（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）透水铺装地面宜在土基上建造，自上而下设置透水面层、透水找平层、透水基层和透水底基层；当透水铺装设置在地下室顶板上时，其覆土厚度不应小于 600mm，并应增设排水层；

（3）透水面层可采用透水面砖、透水混凝土、植草砖等，透水面层应满足下列要求：

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

（4）透水找平层应满足下列要求：

- ① 渗透系数不小于面层，宜采用细石透水混凝土、干砂、碎石或石屑等；有效孔隙率应不小于面层；
- ② 厚度宜为 20mm~50mm；

（5）透水基层和透水底基层应满足下列要求：

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

(6) 应满足相应的承载力和抗冻要求。

透水地(路)面的典型构造如图 5-11、5-12、5-13、5-14、5-15、5-16、5-17、5-18 所示。

3 适用性

透水砖和透水混凝土主要适用于广场、停车场、人行道以及车流量和荷载较小的道路；透水沥青混凝土路面还可用于机动车道；植草砖一般用于生态停车场。透水地(路)面应用区域广，施工方便，有一定的雨水净化作用，但易堵塞，寒冷地区有被冻融破坏的风险。透水铺装应选用合适的材质与制造工艺，尽可能避免使用一段时间后发生堵塞或者出现长青苔、湿滑的现象。

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

- (1) 可能造成陡坡坍塌、滑坡灾害的区域，膨胀土等特殊土壤地质区域。
- (2) 使用频率较高的商业停车场、汽车回收及维修点、加油站及码头等径流污染严重的区域。

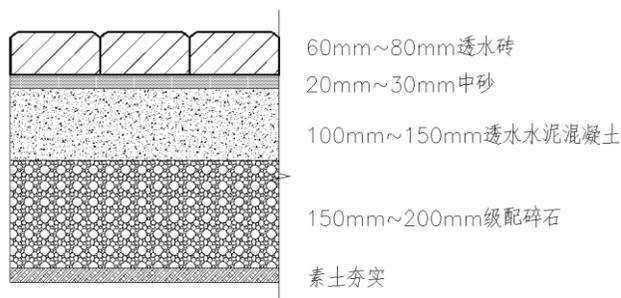


图 5-11 透水砖典型构造示意图

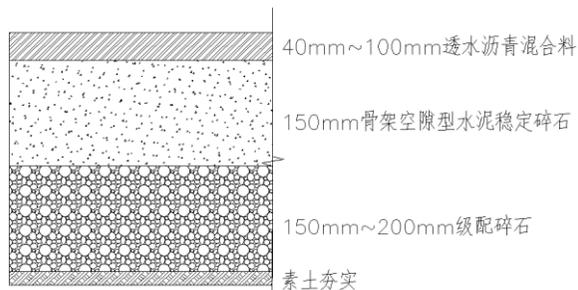


图 5-12 慢行步道典型构造示意图

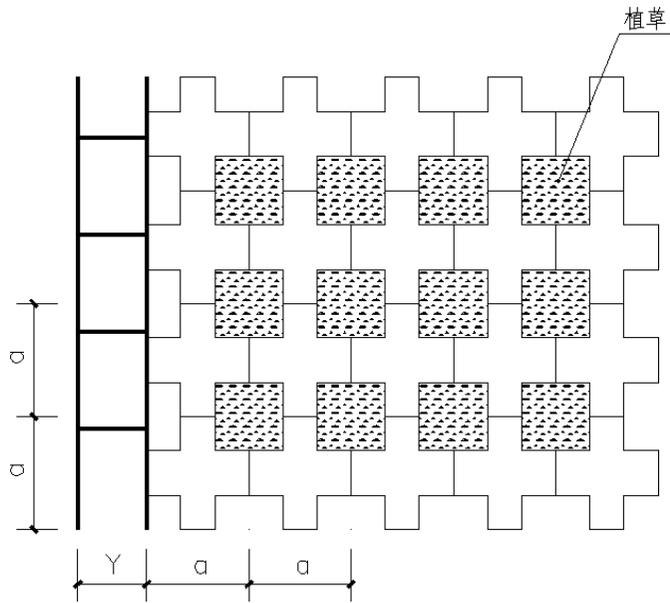


图 5-13 停车场植草砖典型构造示意图

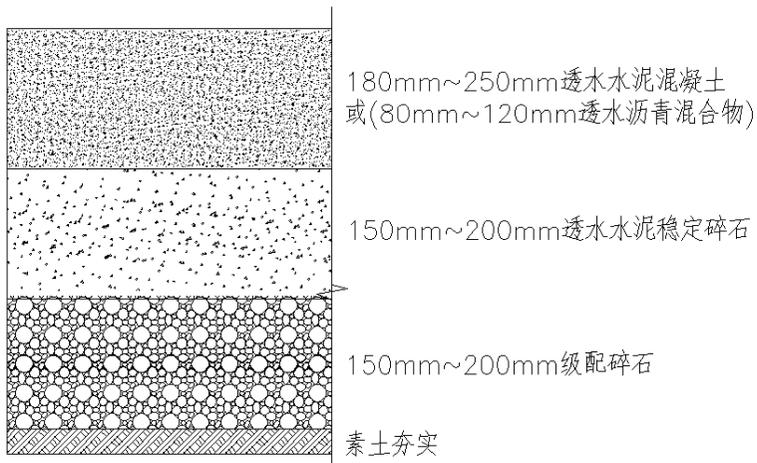


图 5-14 停车场透水路面典型构造示意图



图 5-15 透水砖典型实景图



图 5-16 慢行步道典型实景图



图 5-17 停车场植草砖典型实景图（网络图片）



图 5-18 透水沥青典型实景图

5.6 景观水体

1 基本概念

建筑小区景观水体是指天然形成或人工建造的、给人以美感的的水体。如景观湖泊、景观水塘、景观水池等。

2 设计要点

(1) 景观水体宜具有雨水调蓄和净化功能，雨水可作为其主要的补水水源。景观水体的规模应根据降雨规律、水面蒸发量、雨水回用量等，通过全年水量平衡分析确定。

(2) 进水口和溢流出水口宜设置碎石、消能坎等消能设施，防止水流冲刷和侵蚀。

(3) 雨水进入景观水体之前应设置弃流井、植被缓冲带等预处理设施，同时可采用植草沟转输雨水，以降低径流污染负荷。景观水体宜采用非硬质池底及生态驳岸，为水生动植物提供栖息或生长条件，并通过水生动植物对水体进行净化，必要时可采取人工土壤渗滤等辅助手段对水体进行循环净化。

(4) 水体容积一般包括常水位以下的永久容积和调节存容积，永久容积水深一般为0.8-2.5 m；调节容积一般根据所在区域相关规划提出的“单位面积控制容积”确定；调节容积应在24-48 h内排空。

(5) 溢流出水口包括溢流竖管和溢洪道，排水能力应根据下游雨水管渠排放系统的排水能力确定。

(6) 应设置护栏、警示牌等安全防护与警示措施。

景观水体的典型构造如图 5-19、5-20 所示。

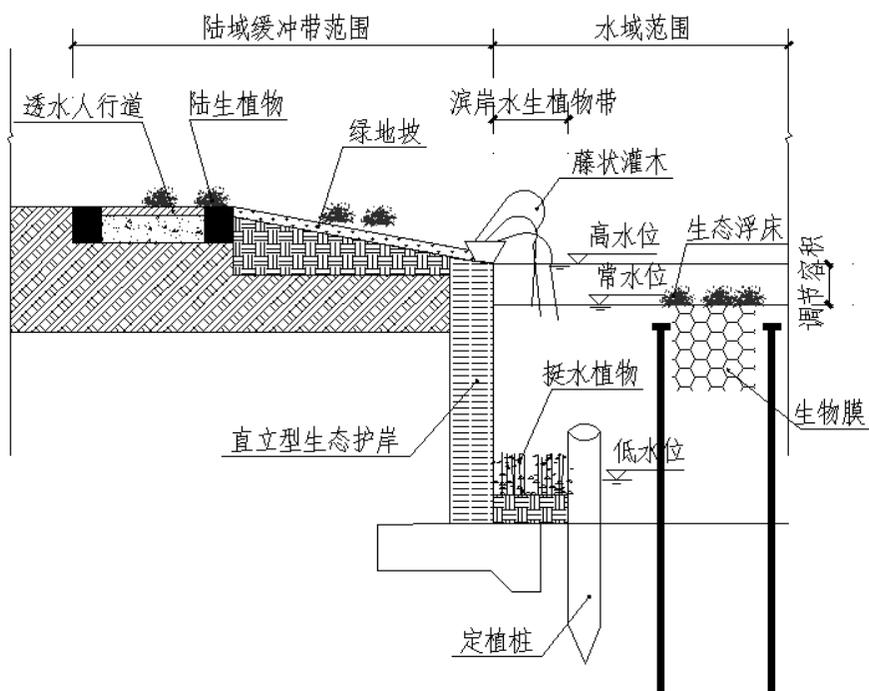


图 5-19 景观水体典型构造示意图



图 5-20 景观水体典型实景图（网络图片）

6 建筑小区低影响开发关键技术

6.1 雨水断接技术

6.1.1 雨水断接概念

雨水断接指通过切断建筑雨水立管或硬化面（地面、路面）的径流排放路径，将径流合理连接到绿地等透水区域，通过渗透、调蓄及净化回用等方式控制径流雨水的措施。

6.1.2 屋面雨水断接技术

屋面雨水断接技术主要是通过切断雨水立管原有系统，让雨水间接排放至下沉式绿地等海绵措施。如现有雨水立管直接在草地上，可通过在地面增加卵石层，或混凝土排水簸箕达到消能效果，以防止高层落水对草皮草地的冲刷。如现有雨水立管不能直接断接进去草地，视现场条件分析，如有小区路面过度至下沉式绿地等，则可断接至于小区路面，如现场条件不具备断接条件，则需另行采取其他有效途径进行雨水截流。

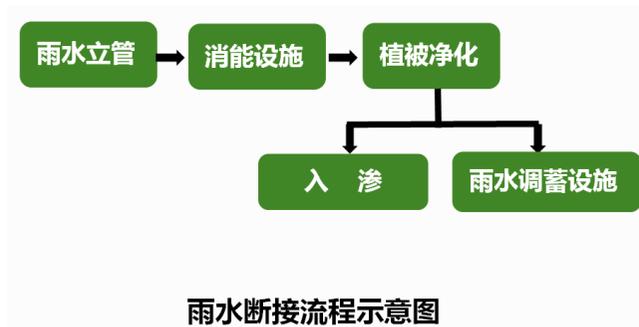


屋面雨水断接（网络图片）



屋面雨水—高花坛—绿地雨水断接（网络图片）

雨水断接流程示意图详见下图所示：



雨水断接流程示意图

屋面雨水断接主要有散水式、花池式、水簸箕式、跨路式、消能池式等几种形式，应结合雨水流量、水压以及场地条件进行选用。屋面雨水断接主要场景如图 6-1、6-2、6-3、6-4 所示，主要典型构造如图 6-5、6-6、6-7、6-8 所示。

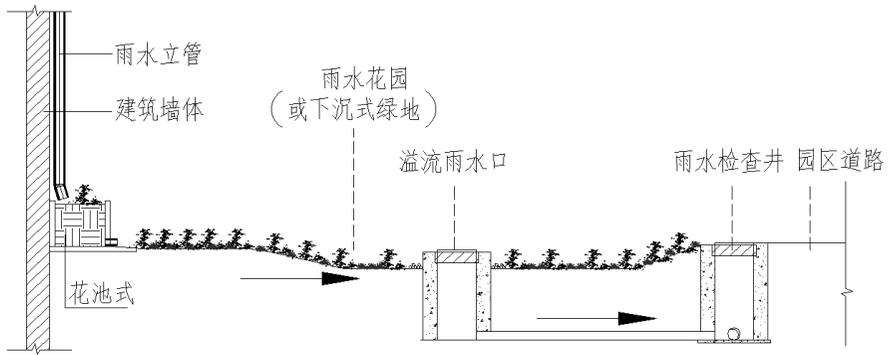


图 6-1 雨水断接（花池式）场景示意图

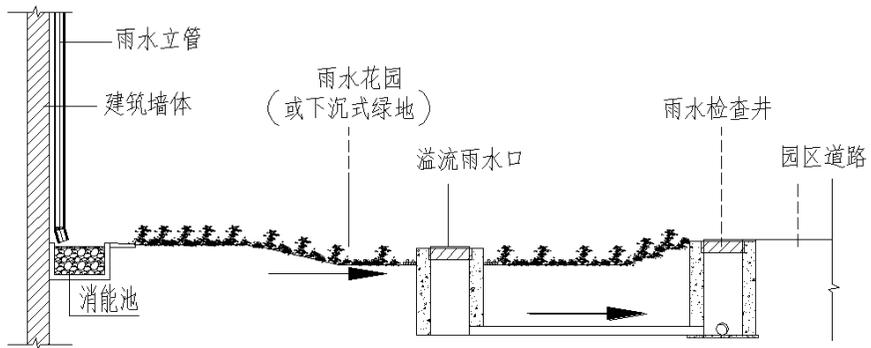


图 6-2 雨水断接（消能池）场景示意图

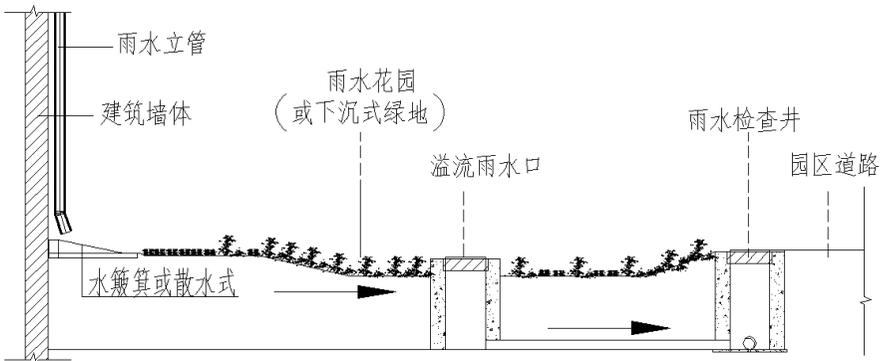
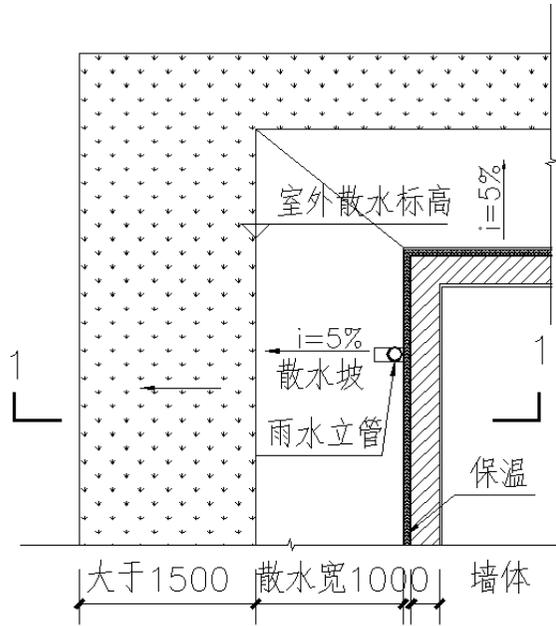


图 6-3 雨水断接（水簸箕或散水式）场景示意图



平面图

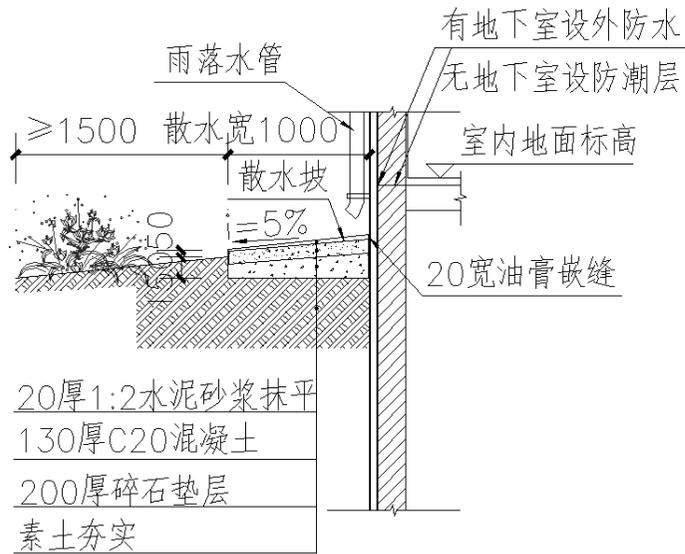
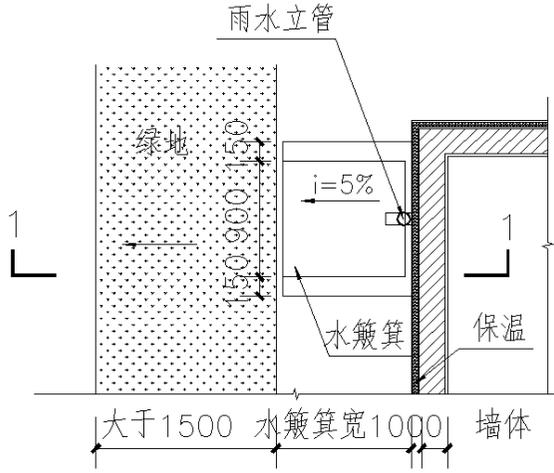


图 6-6 散水式雨水断接典型构造示意图



平面图

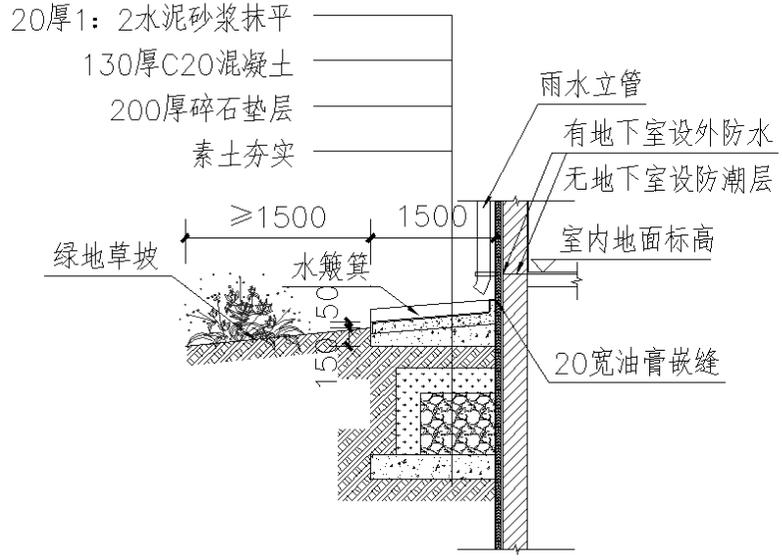


图 6-7 水簸箕式雨水断接典型构造示意图

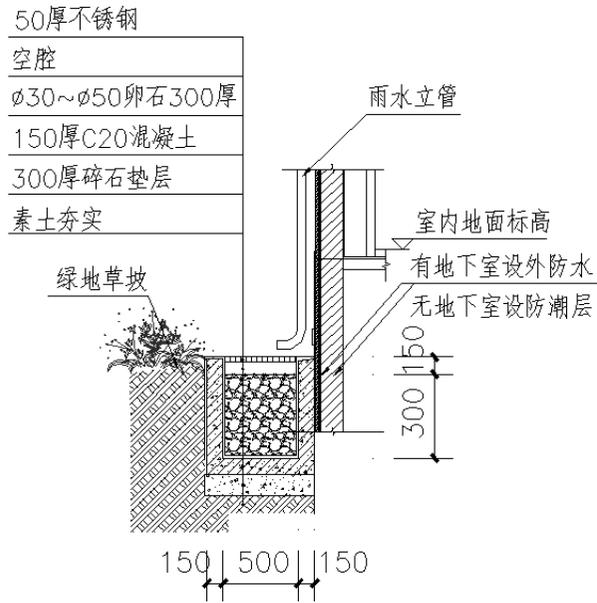


图 6-8 消能池式雨水断接典型构造示意图

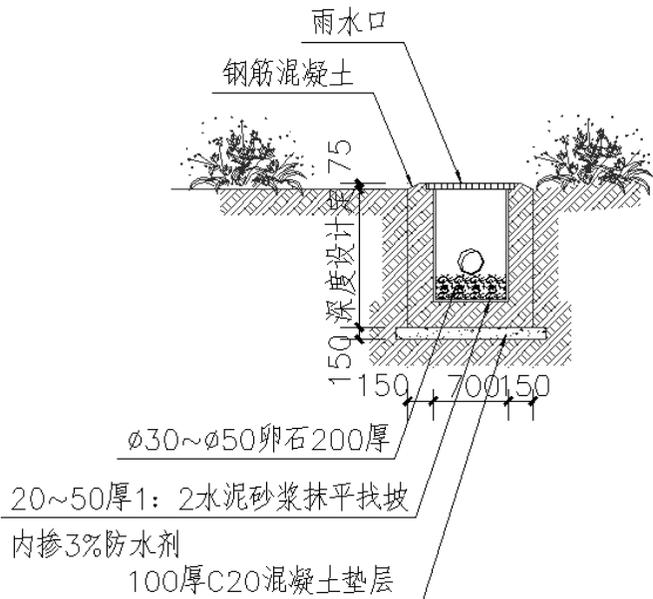


图 6-9 跨路消能井式雨水断接典型构造示意图

6.1.3 路面雨水断接

路面雨水的断接技术，应根据道路的等级及道路与周边绿地的关系来进行合理选择，且绿地宜低于周边道路。断接时要结合树池、花圃等景观绿化带，引导雨水进入绿化带或设置于绿化带中的雨水调蓄设施。断接的重点是切割或拆除阻碍径流流向的物体，如路缘石等，让路面雨水流入雨水花园、树池等，并在流入口敷设卵石等消能措施，如图 6-10、6-11、6-12、6-13、6-14、6-15。



图 6-10 路面雨水断接典型实景图一（开口路缘石）



图 6-11 路面雨水断接典型实景图二



图 6-12 路面雨水断接典型实景图三



图 6-13 路面雨水断接典型实景图四

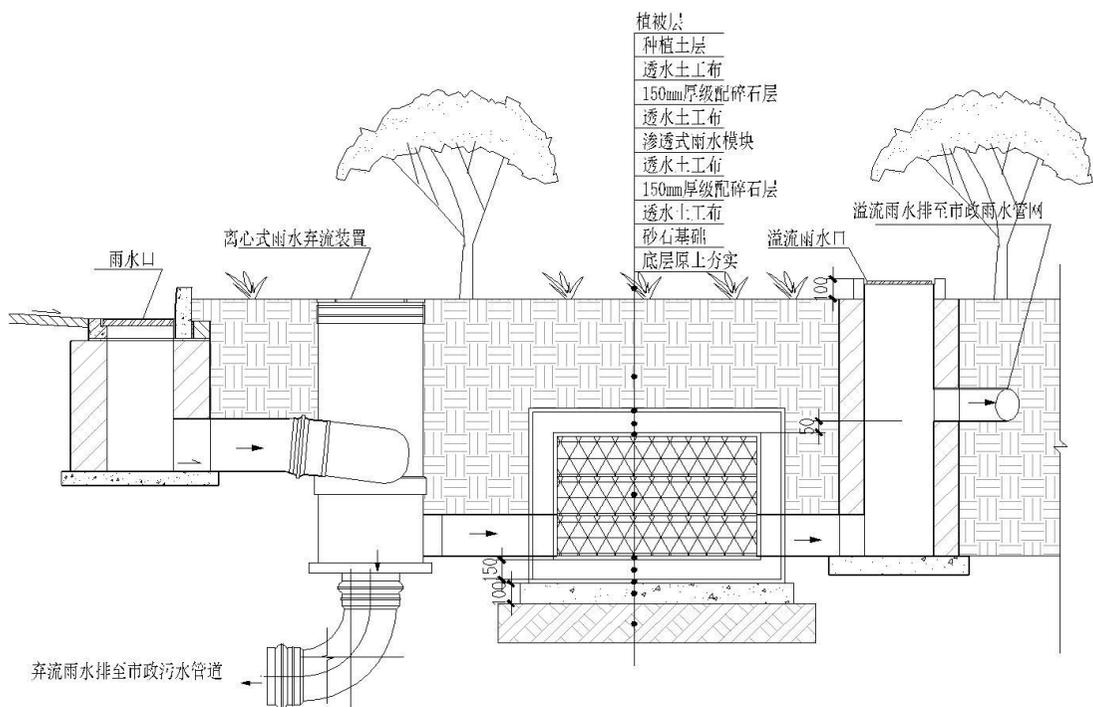


图 6-14 路面雨水断接典型构造示意图

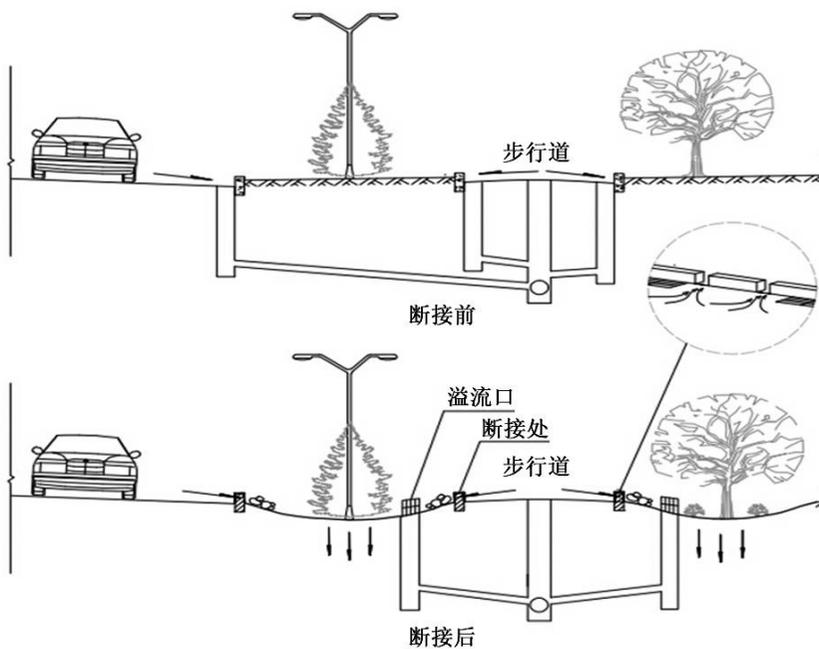


图 6-15 路面雨水断接前后典型对比图（网络图片）

6.1.4 雨水断接适用性及雨水利用模式

雨水断接技术可广泛应用于旧建筑物的海绵化改造，同样也适用于新建建筑的海绵化措施的组合运用。雨水断接后进入绿地，经历过绿地和土壤净化处理后可以入渗、回用或者排走。

屋面雨水收集→雨水断接→消能设施→植被区→入渗土壤

屋面雨水收集→雨水断接→消能设施→植被区→雨水调蓄设施

雨水收集→小区室外雨水管道→初期雨水弃流设施→入渗土壤

6.1.5 雨水断接设计要点

(1) 雨水断接应在进入雨水调蓄设施之前应采取消能池、碎石池、砾石层等消能措施；

(2) 污染严重的垃圾收集点等汇水区域，不应采用雨水断接；

(3) 雨水断接应保证建、构筑物 and 周边场地的安全。建筑雨水断接点离开墙体最少 600mm 以上。

6.2 建筑小区地下室覆土层低影响开发雨水系统技术措施

6.2.1 建筑地下室设置及存在问题

1 建筑地下室过大容易导致雨水入渗困难

建筑或者建筑小区地下室通常设置设备用房、车库、库房、人防等功能性用房，特别是车库占据的面积很大，导致建筑地下室面积几乎与用地面积一样。大面积设置地下室使雨水入渗受阻，地下室顶板防水也成了大问题。

2 建筑地下室顶板以上覆土层设置

地下室顶板以上主要由地下室顶板及找平层、防水层、隔根保护层、蓄水排水层、过滤层、种植层、植被层等组成，详见 6-15 图。

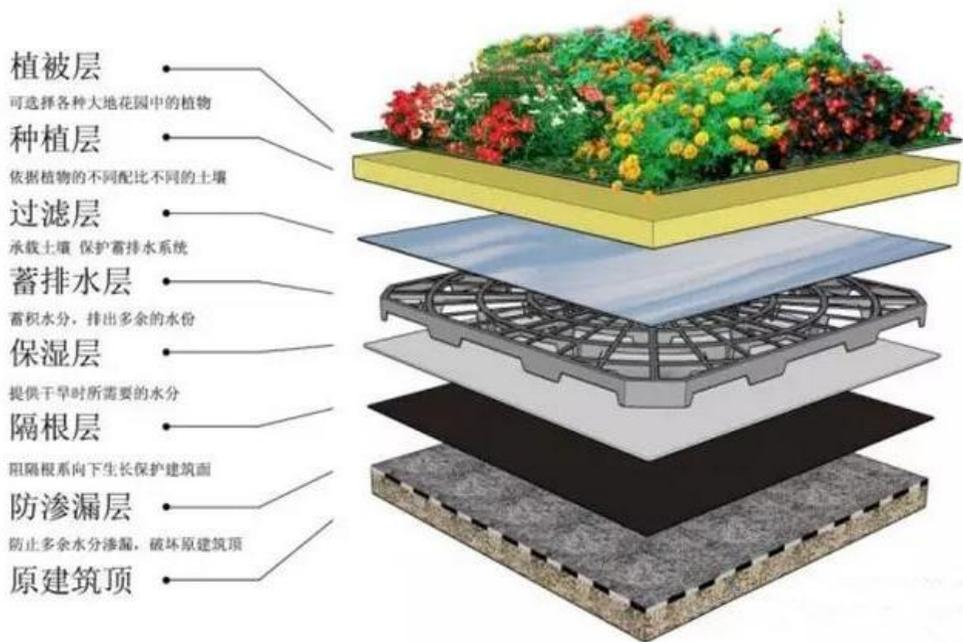


图 6-15 地下室顶板及覆土层结构示意图（网络图片）

6.2.2 大面积设置地下室时低影响开发雨水系统设施设置

面积过大的地下室顶板阻隔了雨水渗入地下，在地下室顶板上设置低影响开发雨水系统主要是在覆土层对雨水的消纳和设置渗排设施排水。

南方富水地区海绵化主要目的在于“净”和“滞”，经过净化滞留后的雨水已达到海绵化目标，可以回用，也可以排入水体或者排走。

建筑地下室顶板以上一般有 500~1500 的覆土厚度，应结合各地的降雨量情况、地下室顶板的大小，合理利用好地下室顶板覆土层滞留和排泄雨水是系统成败的关键。地下室顶板覆土层设置雨水入渗等措施时，在地下室顶板与覆土之间应设置渗排水层。

地下室顶板覆土层入渗与滞留雨水量，与覆土层厚度、土壤渗透系数、海绵设施设置、渗排设施设置、地下室大小等有关，可通过实测数据确定，缺少实测数据时可参考以下做法：

(1) 地下室顶板覆土厚度较小（500-800mm）时应在覆土层设透水层（透水层应设置在土壤面层下 300mm 以下），并设置穿孔渗透管收集雨水。这时，

可忽略顶板对雨水入渗阻隔的影响，径流系数可按绿地选用 0.15。

(2) 地下室顶板覆土厚度较大 ($\geq 800\text{mm}$)，透水性好、有透水层及排水通畅时，覆土层有较大的雨水消纳能力，可不考虑顶板对雨水入渗阻隔影响，也可以不设置穿孔透水管。

(3) 顶板覆土厚度较大时 ($\geq 1000\text{mm}$)，可在覆土层设置下沉式绿地，但因为汇水量多，宜在下沉式绿地下设置透水层和穿孔透水管。

6.3 蓄水池及雨水处理、回用技术

6.3.1 蓄水池

1 蓄水池类型及特点

蓄水池指具有雨水储存功能的集蓄利用设施，同时也具有削减峰值流量的作用，一般常用的有雨水回用水池和雨水入渗水池。常用的蓄水池有钢筋混凝土蓄水池、玻璃钢蓄水罐及塑料模块蓄水池等类型。三种常用蓄水池的特点及对比详下表 6-1。

表 6-1 常用雨水蓄水池对比表

	玻璃钢蓄水罐	塑料模块蓄水池	钢筋混凝土蓄水池
承压能力	可过 40t 以上重车	正向承载力详各产品检测报告	可根据需要由结构专业设计
施工工艺	工厂一次整体成型，不需土工布，施工简便	现场组装拼接，需包土工布及 PE 膜	现场浇筑
后期清理维修	人工清理难度较大，可用化粪池车等机械清理，也可以进入检修	易堵塞，且较难进入内部清理及检修	易清洁、不易堵塞，可以进入内部清理检修
施工周期	钢筋混凝土蓄水池 > 塑料模块蓄水池 > 玻璃钢蓄水罐		
综合造价	塑料模块蓄水池 > 玻璃钢蓄水罐 > 钢筋混凝土蓄水池		

蓄水池可以作为回用水池，也可以作为为满足海绵指标而设置的调蓄水池。在广西缺水地区应多设水池，强调雨水的回用；在富水地区不宜仅仅为了满足年径流总量控制率要求而设置水池，应有回用需要才设置水池。在设置水池的时候应有防止水质变臭的措施。

蓄水池包括天然水池和人工建造的蓄水池。在建筑小区里多为人工建造的蓄水池，包括景观水体和用于蓄水回用的蓄水池，本章介绍的是用于蓄水回用的蓄水池。这类蓄水池常用的有三种类型，即传统的钢筋混凝土水池、埋地式玻璃钢蓄水池和流行的塑料模块蓄水池。

(1) 钢筋混凝土水池

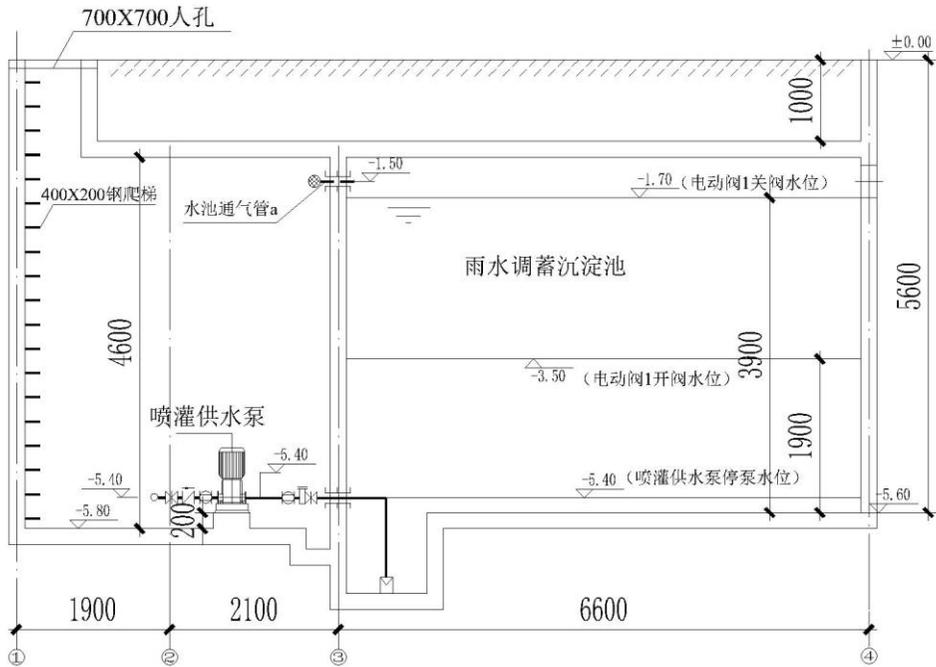


图 6-16 钢筋混凝土水池剖面示意图



图 6-17 钢筋混凝土蓄水池施工图片（网络图片）

钢筋混凝土蓄水池是传统使用的水池，具有抗外压强度大、易清洁、不易堵塞、水池较大时造价较低、施工工期较长的特点，可以结合水处理设施和加压水泵等一起设计。是较常用的蓄水池。

(2) 玻璃钢蓄水池

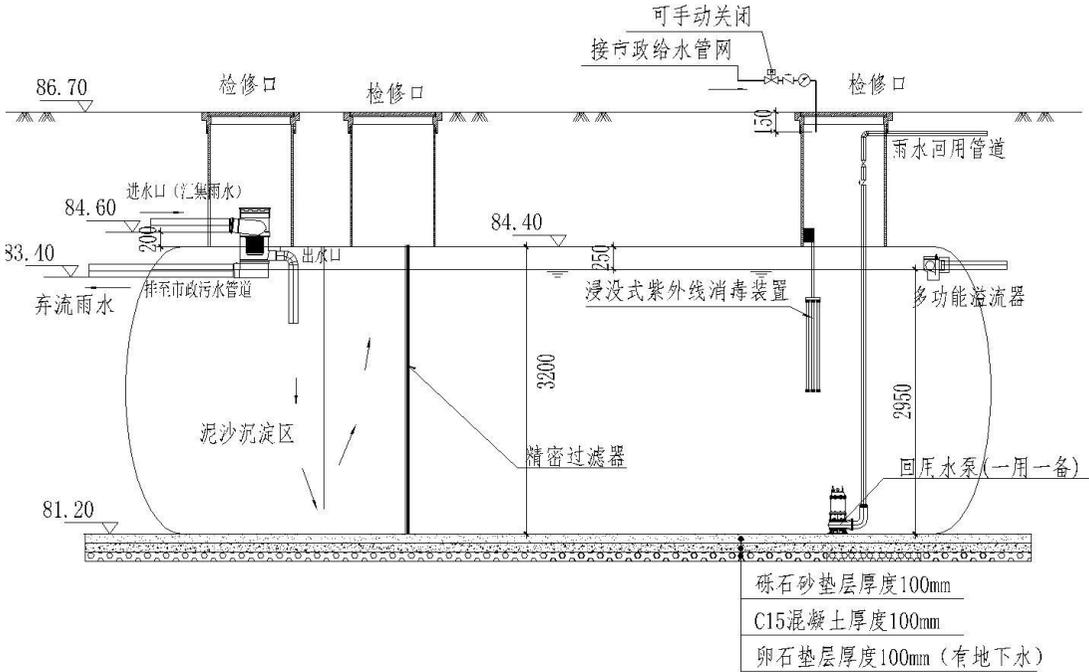


图 6-18 玻璃钢蓄水池剖面示意图



图 6-19 玻璃钢蓄水池图片

玻璃钢蓄水池近年用较多用于海绵城市小型项目蓄水，可以多个罐体组合，通过连通管增加蓄水容积，也可以组成处理单元。玻璃钢蓄水池具有施工便捷、不宜漏水、抗压强度较高，但人工清理具有一定难度，宜采用机械冲洗、造价较高。

(3) 塑料模块蓄水池

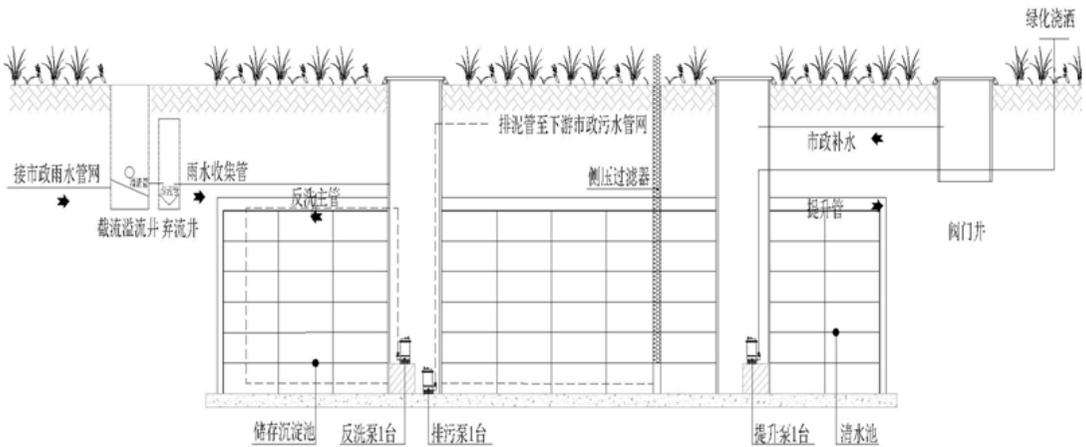
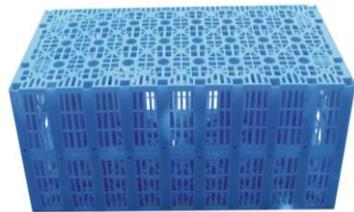


图 6-20 塑料模块蓄水池剖面示意图



塑料模块组合水池



单个塑料模块

图 6-21 塑料模块蓄水池图片

塑料模块蓄水池由很多块塑料模块拼装，外包防水土工布组成。塑料模块蓄水池适合于作为雨水入渗水池（外包透水土工布），具有施工便捷、快速的特点，但作为蓄水池时存在不易清洗、易堵塞、抗外压强度低（不能车压）、

容易漏水、造价高、顶部不能承受车压等问题。选用时应避开车压，应验算竖向、侧向压力和基础强度，并采取相应处理措施，保证不发生垮塌。

2 蓄水池选用

应根据蓄水用途、蓄水池容积、埋深、地质条件、地面荷载、场地建设条件、雨水水质情况、管理与维护条件等情况，结合经济性进行比较后选用。对于一般建筑小区回用水水池，建议首先选用钢筋混凝土水池或玻璃钢储水罐。

6.3.2 雨水处理及回用技术

1 雨水水质

建筑与小区一般可从屋面、道路广场和绿地汇流面收集雨水。这几种汇流面收集的雨水，各有特点：

由于雨水的冲刷作用，积存于屋面的大部分污染物将在初期雨水径流中冲刷掉，因此，屋面初期雨水水质很差，但后面的却是水质很好的雨水。另外，屋面径流系数大，容易收集，因此收集到的雨水量也大；道路、广场等地面径流雨水污染物相对较多，有汽车的道路雨水也可能含油污，初期雨水污染物多，水质相对较差；绿地的雨水可通过在种植土下部设置雨水收集系统收集雨水，这种经过植被和土壤渗透净化后的雨水水质好，但能收集到的雨水量少。相对而言，建筑与小区内经过初期弃流的屋面雨水水质较好、径流量大，便于收集和回用，其利用价值最高，是主要的收集利用水源。

建筑与小区雨水水质差别较大，初期径流水质一般应参考附近建筑与小区的实测资料确定，在缺乏资料时，也可参照表 4-1 确定初期雨水水质。

2 雨水回用用途及水质要求

雨水的获得是不需要支付任何费用的，由于水质条件较好，离用水点近，即使是在水资源相对丰富的广西，雨水利用也有重要的意义：

(1) 雨水可以就近低成本的回用。比如：广西大部分地区年平均降水量为 1300 毫米至 2000 毫米，而年平均水面蒸发量为 1500~2800mm，水面蒸发量

大，需要补充水较多；

(2) 雨水经处理后可用于建筑与小区水景观、绿化、洗车等用水或空调补给水，达到雨水就近回用，降低用水成本和节约水资源的目的；

(3) 可补充地下水，降低因大量开采地下水，水位下降造成地面塌陷的危险性；

(4) 在城市局部容易产生内涝而管道改造困难的地区，可以设置雨水下渗和调蓄排放设施，缓解内涝；

(5) 广西也有缺水城市（人均水资源拥有量 $\leq 3000\text{m}^3$ 的城市），雨水利用是直接或间接解决城市水源问题的重要途径。

因此，即使在雨水相对丰富的广西也具备了良好的雨水回用条件。

雨水利用有多种方式，包括雨水的直接利用、间接利用和综合利用，详见表 4-2 雨水利用的分类、方式及其用途。

雨水回用前应经过处理，回用水水质应达到相关标准的要求。用水用于绿化浇灌、洗车和路面浇洒时，回用水水质指标应达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》GB/T 18920、《城市污水再生利用 景观环境用水水质》GB/T 18921、《建筑与小区雨水利用工程技术规范》（GB 50400）的规定要求；回用于空调冷却水补水水源时，水质指标应达到《采暖空调系统水质标准》GB/T29044中规定的空调冷却水的水质要求。

《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920)的水质标准详表 6-4、《建筑与小区雨水利用工程技术规范》（GB 50400）的水质指标详见表 6-5。

表 6-4 城市杂用水水质标准 (GB/T 18920)

序号	项目	冲厕	道路清 洗、消防	城市绿化	车辆冲洗	建筑施工
1	pH	6.0~9.0				
2	色 (度)	30				
3	嗅	无不快感				
4	浊度(NTU) ≤	5	10	10	5	20
5	溶解性总固体(mg/L) ≤	1500	1500	1000	1000	—
6	五日生化需氧量(BOD 5) (mg/L) ≤	10	15	20	10	15
7	氨氮 (mg/L) ≤	10	10	20	10	20
8	阴离子表面活性剂 (mg/L) ≤	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0
9	铁 (mg/L) ≤	0.3	—	—	0.3	—
10	锰 (mg/L) ≤	0.1	—	—	0.1	—
11	溶解氧 (mg/L) ≥	1.0				
12	总余氯 (mg/L)	接触 30min 后 ≥1.0, 管网末端 ≥0.2				
13	总大肠菌群(个/L) ≤	3				

表 6-5 回用水 COD_{Cr}、SS 指标要求 (GB 50400)

项目	循环冷却系 统补水	观赏性景 观水	娱乐性景 观水	绿化	车辆 冲洗	道路 浇洒	冲厕
COD _{Cr} (mg/L) ≤	30	30	20	--	30	--	30
SS (mg/L) ≤	5	10	5	10	5	10	10

3、常用雨水处理工艺

建筑与小区的雨水处理工艺，应结合雨水水质、雨水回用用途以及经济合

理性综合考虑，可以参考采用以下工艺。

(1) 雨水用于景观水体时，宜采用如下工艺：

雨水→初期径流弃流→景观水体

或 雨水→绿地+土壤渗透→景观水体

(2) 屋面雨水用于绿地和道路浇洒时，宜采用如下处理工艺：

雨水→绿地+土壤渗透→集水管→雨水蓄水池→浇洒或灌溉

或 雨水→初期径流弃流→雨水蓄水池沉淀→管道过滤器→浇洒或灌溉

(3) 屋面雨水或与路面混合的雨水用于绿地和道路浇洒时，宜采用如下处理工艺：

雨水→绿地+土壤渗透→集水管→雨水蓄水池→消毒→浇洒或灌溉

或 雨水→初期径流弃流→沉沙→雨水蓄水池沉淀→过滤→消毒→浇洒或灌溉

(4) 屋面雨水或与路面混合的雨水用于空调冷却塔补水、运动草坪浇洒、冲厕或相似用途时，宜采用如下处理工艺：

雨水→初期径流弃流→沉砂、格栅→雨水蓄水池→絮凝过滤或气浮过滤→消毒→雨水清水池

雨水进入收集回用系统前应进入植草沟和绿地等绿色雨水处理设施，经土壤渗透净化，或设置初期雨水弃流设施。当回用水质有细菌学指标要求时应进行消毒，绿地浇洒和水体补充水消毒宜采用紫外线消毒。

6.3.3 雨水回用管网

雨水回用供水管网设置应满足以下要求：

(1) 回用水供水管不得与生活饮用水管连接，不得装设取水龙头；管外壁应按设计规定涂色或标识；

(2) 当设有取水口时，应设锁具或专门开启工具；

(3) 水池（箱）、阀门、水表、给水栓、取水口应有明显的“雨水”标识。

(4) 绿化灌溉宜采用节水灌溉方式，例如喷灌、微灌、滴灌、渗灌、低压管灌等方式。

6.4 景观及植物配置技术

6.4.1 景观设置基本要求

景观专业进行铺装、水体、绿地等海绵措施布置，应在保证安全及满足小区场地基本使用功能的基础上进行设置，应首先满足人的活动及通行的需求。合理控制建设用地的不透水面积，留足雨水自然渗透、净化所需的生态空间，为地下水的补给、减少径流外排留足相应的透水空间。小区内绿地率须满足城市管理部门相关的绿地率指标要求。

1 地形

建筑与小区应充分结合现状地形地貌进行场地设计与建筑布局，保护并合理利用场地内原有的湿地、坑塘、沟渠，更多地利用自然力量排水。坚持重在保护，适度改造的原则。

在符合景观要求和微地形设计的基础上，城市绿地宜做成下沉式，以消减峰值流量，延缓峰值时间，净化雨水径流。打造雨水湿地、旱溪、生物滞留带等多种海绵城市绿地类型，施对雨水径流进行净化。

海绵城市绿地应进行微地形设计，坡度应自然平缓。

2 水体

结合地形，设置湿塘、雨水湿地、景观湖等景观水体蓄水，达到降峰减流目的。

水体护岸宜优先采用生态型，设置滨河植被缓冲带。

景观水体、调蓄池等水体深度应满足有关规范要求，一般不应大于 0.5m，当水体深度大于 0.5m 时必须设置防护措施。水体周边应设置预警标识和预警系统，保障暴雨期间的人员安全，避免发生事故。

3 透水铺装

可根据需要设置透水砖、鹅卵石、碎石铺装、透水水泥混凝土、透水沥青混凝土等透水铺装。通过设计满足透水要求，实现雨水下渗至土壤或通过疏水、导水设施导入土壤，减少建设行为对自然生态系统的损害。既有居住区改造，除机动车道以外的硬化地面，透水铺装率不宜低于 30%；新建居住区，除机动车道以外的硬化地面，透水铺装率不宜低于 75%。

透水路面坡度不宜大于 2%。当透水路面坡度大于 2%时，沿长度方向应设置隔断层，隔断层顶端宜设置在透水面层下 2-3cm，隔断层可采用大于 16mm 的 HDPE 或 PVC 防渗膜或混凝土。

(1) 小游园、小广场等硬质空间宜采用透水砖和透水混凝土铺装；小游园或绿地中的步行路还可采用鹅卵石、碎石等透水铺装。

(2) 小区内的道路在满足路面路基强度和稳定性等道路的功能性要求前提下，路面宜满足透水要求。地面停车场应满足透水要求。

6.4.2 绿色海绵措施及植物配置

绿地应结合场地雨水规划进行设计，可根据需要因地制宜地采用兼有调蓄、净化、转输功能的绿化方式。既有居住区改造，下沉式绿地率不宜低于 30%；新建居住区下沉式绿地率不宜低于 50%。新建区建筑绿色屋顶绿化率不宜低于 20%。

1 绿色海绵措施的基本类型

按照渗、滞、蓄、净的海绵功能，绿色海绵措施分为以下几种类型：

- (1) 滞：下沉绿地、雨水花园、植草沟。
- (2) 蓄：雨水湿地
- (3) 净：植被缓冲带、生态驳岸。
- (4) 渗：绿色屋顶、地下建筑覆土绿地。

2 植物在绿色海绵措施中的重要作用

(1) 冠层滞留：绿量越多，留蓄雨水的量越大；层次越丰富，留蓄雨水的效果越好。

- (2) 表土渗透，消峰截流，滞留雨水。
- (3) 根系滞留，吸附污物，净化雨水。
- (4) 净化空气，缓解热岛。

3 植物选择原则

- (1) 应根据不同海绵设施的特点，进行植物配置；
- (2) 宜选择既耐涝又有一定抗旱能力的植物；
- (3) 优选多年生及常绿的乡土植物；

- (4) 应选择根系发达，有一定净化能力的植物；
- (5) 宜选择适合于相互搭配的植物，使环境景观更美观；
- (6) 在有可能冲刷位置，应选择耐冲刷的植物；
- (7) 应根据种植土特点与厚度选择植物；
- (8) 选择植物时应考虑经济性与方便维护。

4 不同类型绿色海绵措施的植物选择

(1) 下沉绿地

特点：平均下沉 100~200mm，不存在长期淹水现象。

植物选择一般标准：宜选用根系发达、净化能力强且耐短时水淹，并具有一定耐旱能力的植物种类。需考虑植物成型后是否影响周边雨水进入绿地，不宜选择过于浓密地被品种。

(2) 雨水花园

特点：

01. 在低洼处通过植物、土壤的作用来对小汇水面（如停车场、小型广场、街道、宅院）的雨水进行滞留、净化、渗透以及排放。

02. 地表径流中存在悬浮颗粒物、重金属、PAHs 和磷等污染物质。

03. 蓄水深度一般为 200-300 mm。

植物选择一般标准：

01. 应根据设计水深和水体污染物的净化目标选择相应的植物种类，并能承受不同湿度条件的变化，耐旱也耐湿；

02. 对不同土质和生长条件都有一定的适应能力；

03. 维护费用低；

04. 不是入侵物种；

05. 没有侵略性的根系；

06. 有良好的景观效果。

特定区域植物选择标准：

01. 斜坡边缘区：植物需承受季节性水淹，被淹时间较短，同时较强抗旱能力，抗雨水冲刷。

02. 中心区：植物应能耐周期性水淹、根系发达、净化污水能力

强并且有一定的抗旱能力。

(3) 植草沟

特点：

01. 用于雨水的前处理或者雨水的运输；
02. 一般用于城市道路两侧，不透水地面周边等；
03. 将植物种植在地表沟渠中，形成一个下凹的地形，在雨水流过时植物能对雨水中的污染物进行净化和阻止，从而达到一个过滤的作用。

植物选择一般标准：

01. 以乡土草本植物为主，可以较为单一，不宜种植乔木植物，植被高度宜控制在 0.1~0.2m ；
02. 宜选用易维护、覆盖能力强，耐淹且耐旱的植物，常用草皮；
03. 较宽的植草沟可用植物组合形成更丰富的景观，也可以根据景观需要适当在沟边点缀耐旱且稍耐水湿的花灌木。

(4) 雨水湿地

特点：

01. 大多为人工湿地，用于调节雨水径流及净化水质；
02. 利用物理、水生植物及微生物等作用净化雨水；
03. 水深不同，植物品种选择也不同，应注意植物对不同水环境的适应能力。

不同区域植物选择标准：

01. 根据设计水深选择不同的植物。
02. 边缘区：代表当地特色且有较好的景观效果的植物；选择较灵活，一般不被水淹，根据当地环境选择。可选择在本地适生，状态稳定且具有良好景观效果品种。
03. 泛洪区：耐短期水淹及长期干旱；植物大部分会处在干旱环境下，但在大雨环境下可能会被水淹没。可参考雨水花园斜坡边缘区及生物滞留带的植物品种。
04. 植被缓冲区：为水路交接地区，土壤环境较湿润；选择耐旱

的也要耐一定水淹的植物。

05. 浅水区：选择根系发达，净化能力强，抗一定水淹的植物；该区域比较适合挺水植物的生长。

05. 深水区：选择根系发达，净化能力强，抗较深水淹的水生植物。可以选择的有沉水植物，浮水植物和部分挺水植物。

(5) 植被缓冲带

特点：

01. 为坡度较缓的植被区。

02. 经植被拦截及土壤下渗作用减缓地表径流流速，去除径流中的部分污染物。

03. 植被缓冲带坡度一般为 2%~6%，宽度不宜小于 2m。

植物选择一般标准：

01. 植物大部分会处在干旱环境下，一般不被水淹，但在大雨环境下可能会被水淹没。植物需耐短期水淹及长期干旱，抗雨水冲刷，减缓径流速度的同时也须确保径流顺利通过。

02. 植被选择的原则与搭配既不能黄土裸露也不能过于郁闭。

03. 可参考雨水花园斜坡边缘区及雨水湿地泛洪区的植物品种选择与搭配，兼顾功能与形式美。

(6) 生态驳岸

特点：

01. 生态的驳岸与河床之间具有相互渗透性，驳岸与水体之间具有水分交换和调节功能。

02. 驳岸种植植被，能起到减缓地表径流流速和净化雨水的作用。

植物选择一般标准：

01. 植物具有减缓地表径流的作用，选择耐水湿的植物，以水生植物、耐水湿观赏草为主，可以适当选用耐水湿乔木。

02. 根据不同水深，参考雨水湿地的植物品种选择与搭配，兼顾功能与形式美。

(7) 绿色屋顶

简单绿色屋顶

特点:

01. 经济性: 造价低;
02. 安全性: 以低矮植物种植为主, 种植土厚度 10~20cm;
03. 适用性: 屋面荷载要求 $\leq 200\text{kg}/\text{m}^2$, 可广泛用于现有屋顶。

植物选择一般标准:

01. 选择根系浅的植物品种, 主要选择地被、低矮灌木、宿根花卉、藤本植物。
02. 选择的植需耐晒, 不需要过多水分。

花园式绿色屋顶

特点:

01. 生态性优越: 改善建筑小气候, 有利于建筑节能环保;
02. 滞蓄雨水效果好;
03. 视觉效果好: 乔灌草搭配形成植物群落, 层次丰富, 色彩多变;
04. 档次高: 养护成本高、覆土需 $\geq 60\text{cm}$, 屋面荷载 $\geq 500\text{kg}/\text{m}^2$ 以上。

植物选择一般标准:

01. 可选择浅根系乔木、灌木、地被及草本植物;
02. 选择较灵活, 被水淹时间较短, 根据当地环境可选择在本地适生, 状态稳定且具有良好景观效果的品种。

(8) 地下建筑覆土绿地

地下建筑浅覆土绿地:

特点:

01. 造价低
02. 覆土深度 30-60cm, 主要种植草本植物及灌木, 可根据需要设置植草沟。
03. 荷载要求 $\leq 200\text{kg}/\text{m}^2$

植物选择一般标准:

01. 选择草本植物及地被为主
02. 植草沟常用植物为草皮，较宽的植草沟可增加多种草本及灌木组合，形成丰富的景观。

地下建筑深覆土绿地：

特点：

01. 生态性优越，改善建筑小气候，有利于建筑节能环保；
02. 可根据需要设置植草沟、下沉绿地、生物滞留带等绿色海绵措施，滞蓄雨水效果好；
03. 视觉效果好，乔灌木搭配形成植物群落，层次丰富，色彩多变；
04. 档次高：养护成本高、覆土需 $\geq 80\text{cm}$ ，屋面荷载 $\geq 500\text{kg}/\text{m}^2$ 以上。

植物选择一般标准：

01. 可选择浅根系乔木、灌木、地被及草本植物；
02. 应减少对屋面排水系统的影响，宜选择四季常绿、落叶少、易于维护的植物。
03. 不同的绿色海绵措施可选用的植物参考相应措施植物的选择标准。

6.4.3 种植土要求

1 一般要求

(1) 绿化种植土壤应具备常规土壤的外观，有一定疏松度、无明显可视杂物、常规土色、无明显异味。

(2) 除有地下空间、屋顶绿化等特殊地带，绿化种植土壤有效土层下应无大面积的不透水层，否则应打碎或钻孔，使土壤种植层和地下水能有效贯通。

(3) 污泥、淤泥等不应直接作为绿化种植土壤，应清楚建筑垃圾。

(4) 花坛用土或用于种植对土壤病虫害敏感植物的绿化土壤宜先将其进行消毒处理后再使用。

(5) 种植土层厚度，可根据植被类型确定，草本宜为 300mm 以上、灌木宜为 600mm 以上、乔木宜为 1000 以上。

2 指标要求

(1) 通用要求

主控指标				技术要求
1	PH	一般植物	2.5:1 水土比	5.0~8.3
			水饱和浸提	5.0~8.0
2	含盐量	EC 值/ (mS/cm) (适用于一般绿化)	5:1 水土比	0.15 ~0.9
			水饱和浸提	0.30~3.0
3	质地			壤土类(部分植物可用砂土类)
4	土壤入渗率/ (mm/h)			≥5mm/h(一般绿地)
				10mm/h~360mm/h(雨水调蓄或净化绿地)
5	总孔隙度(%)			>45 (0~30cm)
				45-52 (30~110cm)
6	非毛管孔隙度 (%)			>10 (0~30cm)
				10-20 (30~110cm)

(2) 土壤肥力要求

养分控制指标	技术要求
阳离子交换量 (CEC) / [cmol (+) /kg]	≥10
有机质/ (g/kg)	20~80

6.4.4 水淹区植物的选择

不同的植物具有不同的耐水淹特性，在水淹区域，不是全淹没情况下，植物可按照其耐水性选择如下：

(1) 淹水时长小于 6h 的区域植物选择：

植物的生活习性中明确表明为不耐涝的植物除外的植物一般均可以应用。

(2) 淹水时长大于 6h 小于 12h 的植物

一年生草花：中国石竹、银苞菊、蛇目菊（矮生）、美女樱、一串红、孔雀草。

宿根花卉：爬山虎、结缕草、美人蕉、大花萱草、二月兰、花叶芦竹、灯心草、金鸡菊、美丽月见草、月见草、宿根天人菊、滨菊、紫松果菊、大金鸡菊、蛇莓、细叶芒、斑叶芒、狼尾草、花叶芒、鸢尾、麦冬、山麦冬、虎尾草、鼠尾草。

灌木：紫薇

乔木：紫叶李、矮生紫薇、芦竹、水杉、垂柳、圆柏、桑树、旱柳、麻栎、构树。

（3）淹水时长大于 24h 区域植物

千屈菜、黄菖蒲、美人蕉、芦苇、香蒲、菖蒲、石菖蒲、睡莲、凤眼莲、金鱼藻、荇菜、荷花、水葱。

6.4.5 建筑小区常用植物名录

海绵设施植物一般选用本地植物，广西地区建筑小区常用植物名录详见附录 6。

6.5 既有建筑小区海绵化改造

对既有建筑小区的海绵化改造项目，除了满足海绵城市规划指标的要求外，应坚持问题导向。在改造过程中，应注意以下几个方面：

（1）应结合小区景观绿化、竖向、下垫面、地（路）面硬化、交通等现状条件，以及存在问题。以解决内涝积水问题、雨污分流问题、现状排水设施改造问题、雨水收集与利用问题、雨水入渗问题、道路广场雨水自然排入绿地问题、雨水断接与绿色屋顶改造等问题作为海绵化改造目标；

（2）旧区改造项目应合理确定海绵化改造指标，不宜过高。旧区的绿化率不高，硬化地面多，交通拥堵，改造困难，指标定得过高可能无法实现；

（3）应保护好原有的景观水体和景观环境。景观水体改造应以生态型护岸改造和自然生态的水处理方式改造为主；对原有较好的绿化和地面设施，不应轻易破坏；对小区水生态和景观环境宜进行优化设置；

（4）应利用好原有地形与绿地，分块落实好海绵措施。旧区改造项目不可能改变原有地形与绿地，只能按照汇水分区分块落实，保证每块海绵措施（如：下沉式绿地）对雨水的调节容积与雨水实际汇水量达到平衡；

（5）雨水入渗、调蓄水池设置，应与建筑保持安全距离。特别是老旧房，应避免施工过程中出现房屋开裂、坍塌事故；

（6）不良地质、坡地建筑应先评估雨水入渗的安全性。对建于湿陷性土壤上的建筑和坡地上的建筑，在建筑一定距离内不应采用雨水入渗。

（7）既有建筑小区用地紧张，改造困难，应对居民做好海绵化改造的沟通和宣传工作。

6.6 初期雨水弃流技术

6.6.1 初期雨水处理方式及弃流量

1 初期弃流雨水处理方式

雨水具有冲刷作用，积存于降雨面的大部分污染物都被初期雨水径流冲刷掉，因此，初期雨水水质较差，需要经过处理后排放：

(1) 对于污染不是很严重的区域，初期雨水可直接排入植被区（如下沉式绿地），由植被和土壤进行净化；

(2) 可以就地设置处理设施进行处理；

(3) 弃流至城市污水管网系统，再经过城市污水处理厂进行处理。

2 初期雨水弃流量

初期雨水弃流量应根据下垫面旱季污染物状况经过实测数据确定。没有数据时，一般建筑屋面弃流量可按照 3~5mm，小区路面与广场按照 5~8mm 确定。

6.6.2 初期雨水弃流装置

雨水收集回用系统应设置初期雨水弃流设施，且初期雨水弃流设施宜分散布置。常用的初期雨水弃流装置有下列几种形式：

1 小管弃流井

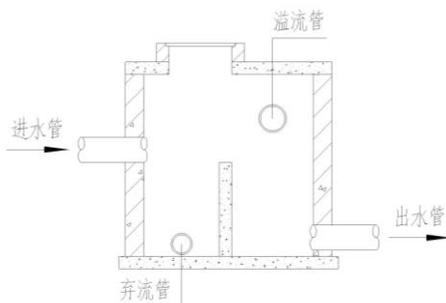


图 6.6 小管弃流井

小管弃流是雨水输送途中（管道、暗渠、明沟等）设置小管径的管道来弃流初期污染严重的小流量雨水。在雨水流量增大至大于小管流量时，雨水水质也得到改善，雨水越过弃流管向下游出水管排水。小管弃流的优点是容易实施、

节约了土建费用，比较适合于南方富水地区，缺点是在整个降雨径流过程中弃流管一直处于弃流状态影响雨水收集量。

2 容积法弃流装置

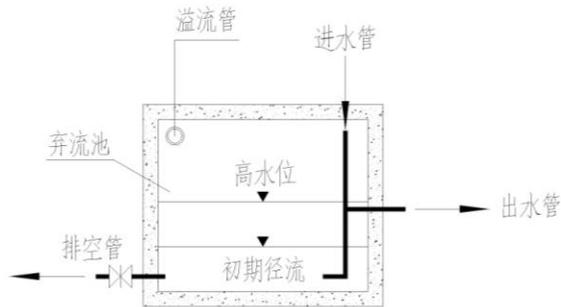


图 6.3.5 容积法弃流装置

初期雨水径流首先进入弃流池（有效容积满足初期雨水弃流量），弃流池充满后的雨水水质得到改善，后续雨水从设置的高水位出水管排走，待雨停后将弃流池的初期雨水排走。容积法弃流控制具有简单易行、初期雨水控制量准确稳定、效果好的特点，但汇水面积较大时需要较大的池容，导致造价提高，另外，需要人工开启排空管，操作麻烦。

3 电动弃流装置

电动雨水弃流装置是由雨量计、PLC 控制器、不锈钢分流装置组成。装置配有数字雨量计可以感应降雨量，在降雨量达到设定值时（弃流的雨量可以调节），装置内部的电动阀开始工作，弃流排污方向的水管将被关闭，收集管方向打开，进行后续雨水收集。降雨结束之后，雨量计无降雨信号传输过来，PLC 控制器将使雨水分流装置恢复原位，等待下一场降雨。该装置可以精确地控制降雨前期污染较严重雨水的自动排放，但是造价较高，后期维护较困难，运行不够可靠。

综上所述，电动雨水弃流装置造价高，运行不可靠；容积法或浮球阀控制的初期雨水弃流装置需要人工开关阀门，不能实现自动控制；小管弃流法适合于沟渠，但不适应目前普遍采用的雨水管道系统，而且缺乏弃流管与屋面雨水收集面积之间关系的计算方法。

6.7 低影响开发雨水控制利用与绿色建筑相结合

海绵城市包含雨水控制与利用，还有黑臭水体治理等内容。低影响开发要求在场址开发过程中采用源头、分散式措施维持场址开发前与开发后的水文特征不变。通过渗、滞、蓄、净、用、排等多种技术措施，实现城市良性水文循环，提高对径流雨水的渗透、调蓄、净化、利用和排放能力，维持或恢复城市对雨水的“海绵”功能。

绿色建筑强调节水与水资源利用，依据《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2014，评价标准中与雨水资源利用有关的条文如下表所示：

序号	条文号	条文内容	最高得分
1	4.2.14	充分利用场地空间合理设置绿色雨水基础设施：下沉式绿地、雨水花园等有调蓄雨水功能的绿地和水体的面积之和占绿地面积的比例达到 30%；合理衔接和引导屋面雨水、道路雨水进入地面生态设施，并采取相应的径流污染控制措施；硬质铺装地面中透水铺装面积的比例达到 50%。	9
2	4.2.15	合理规划地表与屋面雨水径流，对场地雨水实施外排总量控制，采用雨水综合利用系统。	6
3	6.2.10	合理使用非传统水源，包含绿化灌溉、道路冲洗、洗车用水等采用非传统水源（至 60%以上的用水量采用非传统水源）。	15
4	6.2.11	冷却水补水使用非传统水源。冷却水补水使用非传统水源的量占总用水量的比例 $\geq 10\%$	8
5	6.2.12	景观水体结合雨水利用进行设计，雨水补水量大于水体蒸发量的 60%，并且对进入景观水体的雨水采取控制面源污染的措施和利用水生动、植物进行水体净化。	7

海绵城市与绿色建筑在雨水控制与利用上有很多共同点，因而，海绵城市低影响开发应与绿色建筑相结合，实现以下共同的雨水控制与利用目标：

- （1）合理规划雨水径流，对场地雨水实施外排总量控制；
- （2）强调采用绿色雨水基础设施，如：采用下沉式绿地、雨水花园、水体、透水铺装。引导屋面雨水、道路雨水进入地面生态设施；
- （3）强调雨水回用于绿化灌溉、道路冲洗、洗车用水、空调冷却用水、景观补水；
- （4）对进入景观水体的雨水采取绿色处理的净化方式。

7 建筑小区低影响开发雨水系统设计与计算

7.1 低影响开发雨水系统设计

建筑小区低影响开发雨水系统设计就是让雨水“慢排缓释”、“源头分散”，达到“截污减排”的作用。只有让雨水慢下来，让雨水分散开，才能让雨水有机会入渗，才能使雨水得到净化，并滋养万物和服务人类。

1 设计准备

明确控制目标：年径流总量控制率和污染物削减率要求。

基础资料收集：相关的规划资料、图纸资料、场地竖向、下垫面情况、气象条件、管网条件等。

项目情况分析：建筑性质、建筑面积、屋面面积、道路面积、绿化面积、景观水体等现状情况分析。

存在问题分析：年径流总量控制率和污染控制率不够、场地积水、排水不畅、雨水没有回用、绿地没有下凹、屋顶绿化不够等问题分析研究。

2 建筑小区低影响开发雨水系统流程如下图

建筑小区低影响开发雨水系统流程如图 7-1 所示。

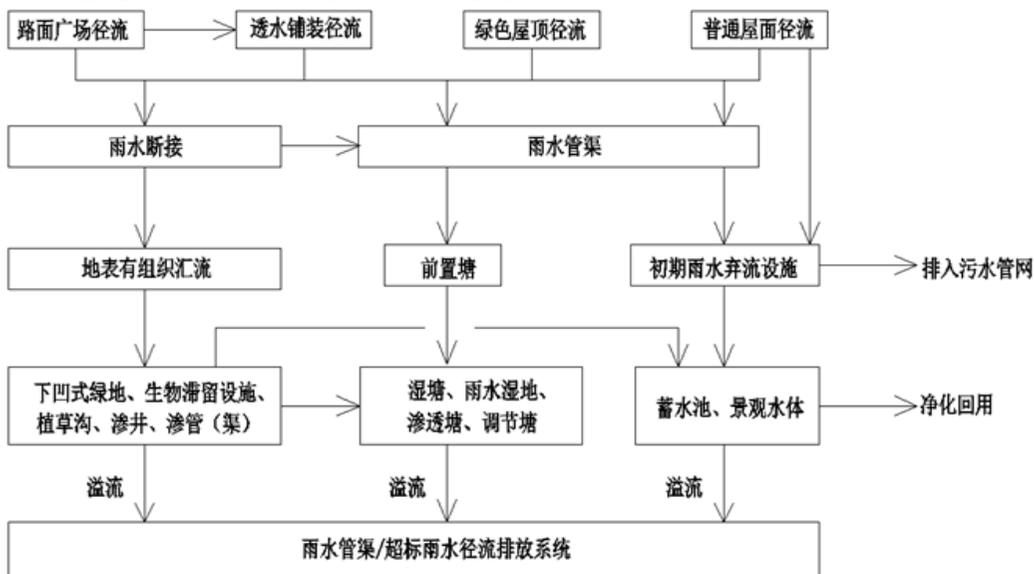


图 7-1 建筑小区低影响开发雨水系统流程图

3 低影响开发雨水系统设计程序

建筑小区低影响开发雨水系统设计程序如图 7-2 所示。

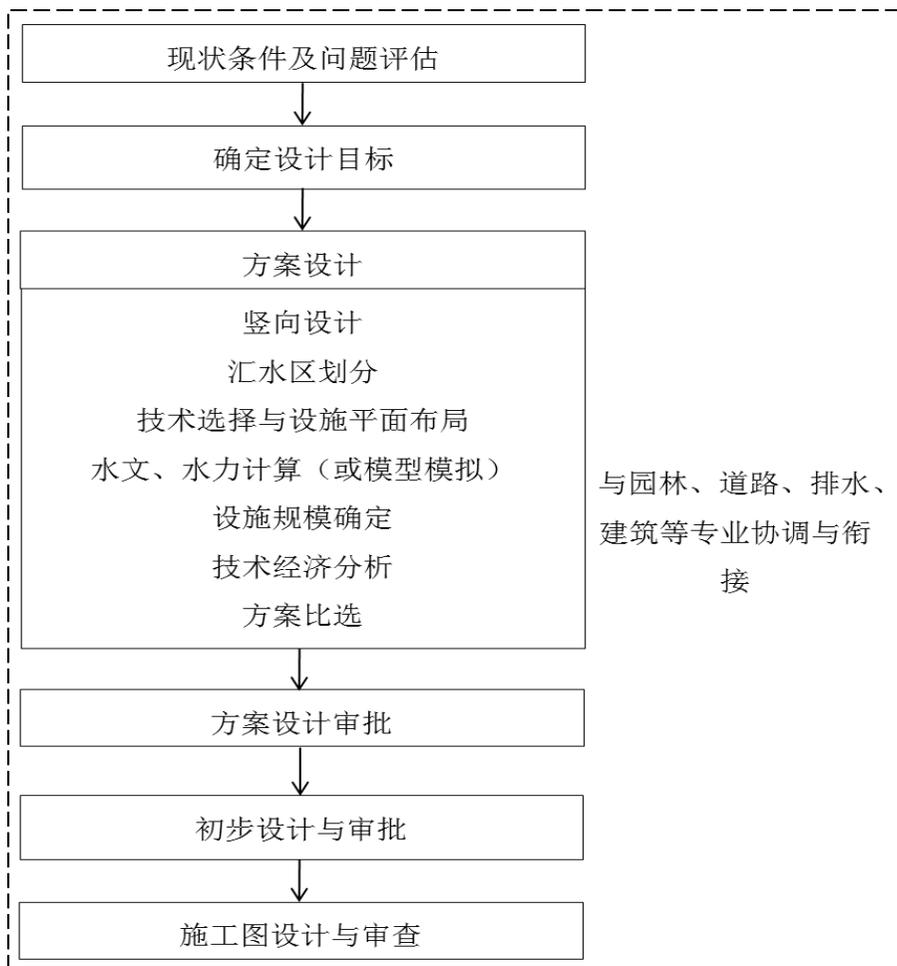


图 7-2 建筑小区低影响开发雨水系统设计程序图

3 低影响开发雨水系统设计主要内容

(1) 场地平面及竖向设计

应结合总平面设计等进行场地及雨水设计。场地平面设计应预留绿色雨水设施用地，满足建筑小区绿地率要求和海绵设施的设置要求；应优化不透水地面和绿色雨水利用设施的布局，结合地下设施情况，合理规划雨水径流途径。

应根据场地的自然地形特点，结合建筑使用功能、道路布局、海绵设施布

置、排水条件、施工条件等，因地制宜地确定建筑、场地和道路的竖向设计。

(2) 汇水分区及绿色雨水利用设施布置

建筑小区应结合地形、竖向设计和排水方向合理划分雨水汇水分区；应结合汇水分区，合理的布设绿色雨水利用设施，并核算汇水分区内雨水雨水收集量与绿色雨水利用设施的调节容积是否达到平衡。

(3) 建筑雨水系统设计

包含建筑屋面雨水系统分区与设计、绿色屋顶设计、建筑雨水立管断接设计等。

(4) 小区道路与广场雨水系统设计

包括小区道路广场平面和竖向设计，应有利于雨水自然进入绿地；采用透水路面、生态停车场，减少硬化面积。

(5) 雨水处理及回用系统设计

包括初期雨水弃流、绿色雨水处理和机械雨水处理设施，经过处理后的雨水回用于景观水体补水、绿化浇灌用水、洗地洗车以及空调补充水等。

(6) 小区绿化与景观设计

争取较高的绿化率和下沉式绿地率，合理采用绿色雨水处理设施；依据海绵设施的需要，合理选择植物；植物选择与种植应满足景观美化的需要。

(7) 低影响开发雨水系统设计计算

通过对低影响开发雨水系统的设计计算，确保系统满足海绵城市建设相关的指标要求。

7.2 低影响开发雨水系统控制指标

建筑小区低影响开发雨水系统一般选择二个强制性控制指标，即年径流总量控制率和年径流污染削减率指标。指标应依据以下几方面条件确定：

(1) 根据建筑小区所处位置，依据已批准的《海绵城市总体规划》或者《海绵城市专项规划》选用相应的控制指标范围，并应满足住建部编制的《海绵城市建设技术指南—低影响开发雨水系统构建》中年径流总量控制率分区图提出的指标要求；

(2) 依据建筑或小区的性质、建设条件确定控制指标。

新建建筑和小区在规划指标范围内选用较高的指标；老旧小区在规划指标范围内选用较低的指标。

小区绿化好，有自然的雨水贮存滞留设施条件时在规划指标范围内选用较高的指标；小区硬化面积大、改造困难时在规划指标范围内选用较低的指标。

(3) 结合当地政府管理部门对项目提出的要求（如：示范性项目或者需要与周边小区相结合的项目等），合理确定小区低影响开发雨水系统控制指标。

(4) 建筑小区低影响开发雨水系统控制指标确定还应结合建筑小区存在的问题，能解决建筑小区存在问题的指标可适当提高。

控制指标应以相关规划提出的指标为准，缺少相关规划指标时，以下南宁市建筑与小区低影响开发雨水系统控制指标可供参考：

①建筑小区多年平均径流总量控制率，新建不低于 70%，改建不低于 60%；

②年径流污染削减率（一般以年 SS 总量去除率计）不低于 50%；

③政府投资的新建公共建筑，单体屋面正投影面积超过 2000m²的，每 1000m²硬化面积，应配建不小于 20m³的雨水调蓄设施；工业项目屋面正投影面积超过 5000m²的，每 1000m²硬化面积应配建不小于 20m³的雨水调蓄设施；

④已建成小区改造，下沉式绿地率不宜低于 25%；新建小区下沉式绿地率不宜低于 45%；

⑤已建成小区改造，除机动车道以外的硬化地面，透水铺装率不宜低于 25%；新建小区，除机动车道以外的硬化地面，透水铺装率不宜低于 70%；

⑥新建小区建筑绿色屋顶绿化率不宜低于 15%。

7.3 低影响开发雨水系统设施的选用

7.3.1 低影响开发雨水系统设施的选用原则

建筑小区常用的低影响开发雨水控制与利用设施包括下沉式绿地、雨水花园、植草沟、绿色屋顶、透水地（路）面、景观水体、蓄水池等。

低影响开发雨水控制与利用技术具有雨水渗透、雨水滞留、雨水储存、雨水截污净化、雨水回用、雨水转输的功能。而每种低影响开发雨水控制与利用设施往往具有多个功能，通过各类技术的组合应用，实现径流总量控制、径流峰值控制、径流污染控制、雨水资源化利用目标。

应遵循以下雨水控制利用设施的选用原则：

- (1) 应结合当地水文地质、下垫面情况和水资源特点进行选择；
- (2) 应结合项目需要、设置和实施条件、实施效果进行选择；
- (3) 根据功能的需要，可选择多种设施的组合；
- (4) 按照全生命周期经济高效的原则进行选择；
- (5) 应考虑维护管理的方便。

7.3.2 低影响开发雨水系统设施的选用

不同的低影响开发雨水系统设施具有不同的功能，应根据项目的需要和建设条件选用低影响开发雨水系统设施。

建筑小区可根据确定的控制指标和功能的需要合理选择低影响开发雨水控制利用设施及其组合系统。各种低影响开发设施比选如表 7-1 所示

表 7-1 低影响开发设施比选表

单项设施	功能			控制目标				处置方式			经济性		污染物去除率 (以SS计, %)	景观效果
	集蓄利用雨水	补充地下水	削减峰值流量	净化雨水	转输	径流总量	径流峰值	径流污染	分散	相对集中	建造费用	维护费用		
透水砖铺装	○	●	◎	◎	○	●	◎	◎	√	—	低	低	80-90	—
透水水泥混凝土	○	○	◎	◎	○	◎	◎	◎	√	—	高	中	80-90	—
透水沥青混凝土	○	○	◎	◎	○	◎	◎	◎	√	—	高	中	80-90	—
绿色屋顶	○	○	◎	◎	○	●	◎	◎	√	—	高	中	70-80	好
下沉式绿地	○	●	◎	◎	○	●	◎	◎	√	—	低	低	50-80	一般
简易型生物滞留设施	○	●	◎	◎	○	●	◎	◎	√	—	低	低	—	好
复杂型生物滞留设施	○	●	◎	●	○	●	◎	●	√	—	中	低	70-95	好
渗透塘	○	●	◎	◎	○	●	◎	◎	—	√	中	中	70-80	一般
渗井	○	●	◎	◎	○	●	◎	◎	√	√	低	低	—	—
湿塘	●	○	●	◎	○	●	●	◎	—	√	高	中	50-80	好
雨水湿地	●	○	●	●	○	●	●	●	√	√	高	中	50-80	好
蓄水池	●	○	◎	◎	○	●	◎	◎	—	√	高	中	80-90	—
雨水罐	●	○	◎	◎	○	●	◎	◎	√	—	低	低	80-90	—
调节塘	○	○	●	◎	○	○	●	◎	—	√	高	中	—	一般
调节池	○	○	●	○	○	○	●	○	—	√	高	中	—	—
转输型植草沟	◎	○	○	◎	●	◎	○	◎	√	—	低	低	35-90	一般
干式植草沟	○	●	○	◎	●	●	○	◎	√	—	低	低	35-90	好
湿式植草沟	○	○	○	●	●	○	○	●	√	—	中	低	—	好
渗管/渠	○	◎	○	○	●	◎	○	◎	√	—	中	中	35-70	—
植被缓冲带	○	○	○	●	—	○	○	●	√	—	低	低	50-75	一般
初期雨水弃流设施	◎	○	○	●	—	○	○	●	√	—	低	中	40-60	—
人工土壤渗滤	●	○	○	●	—	○	○	◎	—	√	高	中	75-95	好

建筑小区中低影响开发设施的选用应根据小区建筑与绿化布局、竖向、下垫面情况、汇水分区情况、排水条件、用水需要等选用多种低影响开发设施，可参照表 7-2 选用。

表 7-2 建筑小区低影响开发设施选用一览表

技术类型 (按主要功能)	单项设施	推荐选用
渗透技术	透水砖铺装	宜选用
	透水水泥混凝土	可选用
	透水沥青混凝土	可选用
	绿色屋顶	宜选用
	下沉式绿地	宜选用
	简易型生物滞留设施	宜选用
	复杂型生物滞留设施	宜选用
	渗透塘	宜选用
储存技术	渗井	宜选用
	湿塘	宜选用
	雨水湿地	宜选用
	蓄水池	可选用
调节技术	雨水罐	宜选用
	调节塘	宜选用
转输技术	调节池	可选用
	转输型植草沟	宜选用
	干式植草沟	宜选用
	湿式植草沟	宜选用
截污净化技术	渗管/渠	宜选用
	植被缓冲带	宜选用
	初期雨水弃流设施	宜选用
	人工土壤渗滤	可选用

7.4 低影响开发雨水系统设施的布置

1 设施有效调节容积

低影响开发雨水系统设施的有效调节容积指在设计降雨量下一定汇水面积的水量正好与设施调节容积达到平衡时设施的调节容积。

设施有效调节容积=设计降雨量×汇水面积

2 低影响开发雨水系统设施布置

低影响开发雨水系统设施布置是将下沉式绿地、雨水花园、植草沟、雨水处理与回用等设施结合雨水收集系统的布置，合理布置于小区内。

低影响开发雨水系统设施应遵循以下布置原则：

(1) 低影响开发雨水系统设施应顺应地形，利用地面标高差分散布置，保证雨水能重力流入绿色海绵设施；

(2) 建筑小区应进行汇水分区划分，并结合低影响开发雨水系统设施布置进行汇水分区划分。保证每个汇水分区内有相应的低影响开发雨水系统设施和排水管网消纳汇水分区的水量；

(3) 每个汇水分区内的低影响开发雨水系统设施的有效调节容积与雨水汇水量应经过计算，并应达到水量平衡。如：下沉式绿地雨水有效调节容积与实际雨水汇水量应达到平衡，如果设计的下沉式绿地雨水调节容积>可能的雨水汇水量，则调节容积空置，部分调节容积就是无效容积，就浪费设施投资；如果设计的下沉式绿地雨水调节容积<可能的雨水汇水量，则雨水没有经过绿地滞留净化就排走，就没有达到低影响开发的目的；

(4) 低影响开发雨水系统设施应结合绿化景观进行设计。低影响开发雨水系统设施除了满足海绵化需要外，更应该满足景观美观的需要，使海绵化设施真正服务于大众；

(5) 屋面、道路等硬化面的雨水应首先排入蓄水池等有调蓄容积的设施；

(6) 海绵设施的布置应合理利用场地地形，分散设置海绵设施，还应注意雨水入渗设施与建筑的距离，防止雨水入渗危害建筑安全；

(7) 低影响开发雨水系统设施还应兼顾造价低、便于管理以及运行费用低的原则。

7.5 蓄水池及雨水回用系统设置

蓄水池的设置应满足下列要求：

- (1) 蓄水池应结合地形设于低处，以方便雨水收集和回用；
- (2) 蓄水池应设置回用设施，尽量少设仅作为调蓄水量的蓄水池；

(3) 蓄水池有效容积应满足海绵设施调节水量的要求；用于绿化灌溉的贮水池，贮水容积一般按照 3d 回用水量进行复核；

有连续 10 年以上逐日降雨量和逐日用水量资料时，宜采用日调节计算法确定雨水收集池回用容积与平均雨水收集效率之间的关系曲线，再由技术经济分析后确定雨水收集效率和回用容积；降雨资料不足时，可采用 1~2 年一遇最大 24 小时降雨量扣除初期径流后的径流量确定雨水池的回用容积。

- (4) 蓄水池结构设计使用年限应不少于 50 年；

(5) 雨水进入蓄水池前应经过初期雨水弃流装置或绿色雨水设施，并经过格栅井的处理；

(6) 蓄水池应设置进水管、溢流管、通气管、集水坑、集泥坑、排空设施、检修孔及水位监控装置，宜采取防虫措施；池底应有不小于 5% 的坡度坡向集泥坑；

- (7) 蓄水池宜布置在区域雨水排放系统的中游、下游；

(8) 应具有良好的工程地质条件，地质条件不好时应采取相应的技术措施。采用塑料雨水模块时不能埋深太大、不能车压、底部应做钢筋混凝土底板；

- (9) 有条件时，蓄水池宜结合雨水处理设施一起设置；

- (10) 蓄水池分格设置时，每格都应设检查口和集泥坑；

(11) 当不具备设置排泥设施或排泥确有困难时，可设搅拌冲洗管道，搅拌冲洗水源应采用储存的雨水。

雨水回用系统设置：

- (1) 雨水回用系统设施应完善，并方便使用；
- (2) 回用水水池容积应满足雨水回用要求，水质应满足标准要求；
- (3) 回用水系统设置应考虑实施的可能性和效益。

7.6 低影响开发雨水系统设施设计计算

I 设计参数

7.6.1 降雨资料应根据建设区域内或临近地区雨量观测站 30 年以上降雨资料确定。

7.6.2 具有 30 年以上自动雨量记录的地区，排水系统设计暴雨强度公式应采用年最大值法，并按本规范附录 2 的有关规定编制。设计暴雨强度应按式 7.6.2 计算：

$$q = \frac{167A_1(1 + C \lg P)}{(t + b)^n} \quad (7.6.2)$$

式中： q ——设计暴雨强度[L/（s·hm²）]；

t ——降雨历时（min）；

P ——设计重现期（年）；

A_1, C, b, n ——参数，根据统计方法进行计算明确。

7.6.3 设计降雨历时应符合下列规定。

1 雨水管渠的设计降雨历时，应按式 7.6.3 计算：

$$t = t_1 + t_2 \quad (7.6.3)$$

式中： t ——降雨历时（min）；

t_1 ——汇水面汇水时间（min），视距离长短、地形坡度和地面铺装情况而定（屋面一般取 5min，道路路面取 5min~15min）；

t_2 ——管渠内雨水流行时间（min）。

2 在规划或方案设计时，建筑小区设计降雨历时可按 10min~15min 计算。

7.6.4 不同种类下垫面的径流系数应依据实测数据确定，无实测资料时可参照表 7-3 取值。综合径流系数应按下垫面种类加权平均计算：

$$\psi_z = \frac{\sum F_i \psi_i}{F} \quad (7.6.4)$$

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 7-3 各种下垫面径流系数选用表

下垫面种类	雨量径流系数 ψ_0	流量径流系数 ψ_n
绿化屋面（绿色屋顶，基质层厚度 $\geq 300\text{mm}$ ）	0.30~0.40	0.40
硬屋面、未铺石子的平屋面、沥青屋面	0.80~0.90	0.85~0.95
铺石子的平屋面	0.60~0.70	0.80
混凝土或沥青路面及广场	0.80~0.90	0.85~0.95
大块石等铺砌路面及广场	0.50~0.60	0.55~0.65
沥青表面处理的碎石路面及广场	0.45~0.55	0.55~0.65
级配碎石路面及广场	0.40	0.40~0.50
干砌砖石或碎石路面及广场	0.40	0.35~0.40
非铺砌的土路面	0.30	0.25~0.35
绿地	0.15	0.10~0.20
水面	1.00	1.00
地下建筑覆土绿地 （覆土厚度 $\geq 500\text{mm}$ ）	0.15	0.25
地下建筑覆土绿地 （覆土厚度 $< 500\text{mm}$ ）	0.30~0.40	0.40
透水铺装地面	0.08~0.45	0.08~0.45
下沉广场（50年及以上一遇）	—	0.85~1.00

7.6.5 初期径流雨水水质应以实测值为准，无实测资料时可参照表 4-1 取值。

7.6.6 雨水收集回用系统处理后的雨水水质指标应符合国家现行相关标准规定。雨水同时回用为多种用途时，其水质应按所选用途的最高水质标准确定。

7.6.7 全年水面蒸发量应依据实测数据确定。

7.6.8 土壤渗透系数应以实测资料为准，无实测资料时，可参照表 4-3 中数值选用。

II 水量计算

7.6.9 建设用地内需控制及利用的雨水径流总量应按照控制年雨水径流总量和雨水径流峰值二个公式分别计算，并采用大者作为雨水调蓄控制的指标：

1 建设用地内应对年雨水径流总量进行控制，控制率及相应的设计降雨量应符合当地海绵城市规划控制指标要求。

$$W_1=10 \cdot \psi_{zc} \cdot H \cdot F \quad (7.6.9-1)$$

式中： W_1 ——按年雨水径流总量计算需控制及利用的雨水径流总量（ m^3 ）；

ψ_c ——雨量综合径流系数，可参照表 7.6.4 进行加权平均计算；

H ——设计降雨量（mm），按照当地多年平均径流总量控制率对应的设计降雨量确定；

F ——汇水面积（ hm^2 ）。

2 建设用地内应对雨水径流峰值进行控制，需控制利用的雨水径流总量应按式计算。当水文及降雨资料具备时，也可按多年雨量分析确定。

$$W_2=10 \cdot (\psi_c - \psi_0) \cdot h_y \cdot F \quad (7.6.9-2)$$

式中： W_2 ——按雨水径流峰值计算需控制及利用的雨水径流总量（ m^3 ）；

ψ_c ——硬化汇水面的雨量径流系数；

ψ_0 ——控制径流峰值所对应的径流系数（外排径流系数限值），应符合当地规划控制要求。规划没给出指标时新建建筑或小区可取 0.2~0.5，既有建筑或小区可取 0.3~0.5；

h_y ——设计日降雨量（常年最大 24h 降雨量）（mm），可按不小于重现期 2 年的日降雨量取值，详见附录 5；

F_y ——硬化面汇水面积（ hm^2 ），应按硬化汇水面水平投影面积计算；硬化汇水面应按硬化地面、非绿化屋面、水面的面积之和计算，并扣减透水铺装及绿色屋面的面积。不含绿地、透水铺装地面或常年径流系数约小于 0.30 或小于 ψ_0 的下垫面，也不含地下室顶板上的绿地、透水铺装。

7.6.10 雨水设计流量应按式 7.6.10 计算：

$$Q = \psi_{zm} q F \quad (7.6.10)$$

式中： Q ——设计流量（L/s）；

ψ_{zm} ——流量综合径流系数，见表 3.1.4；

q ——设计暴雨强度[L/(s·hm²)]。

7.6.11 污染物总量去除率应按式 7.6.11 计算：

$$\eta_{ss} = \eta_w \cdot \Sigma (V_i \cdot \eta_i) / \Sigma V_i \quad (7.6.11)$$

式中： η_{ss} —污染物总量去除率

η_w —计算年径流总量控制率

V_i —第 i 种设施有效水容积

η_i —第 i 种设施污染物去除率，详表 7-1

ΣV_i 和 $\Sigma (V_i \cdot \eta_i)$ 可参照表 7-4 计算

表 7-4 ΣV_i 、 $\Sigma (V_i \cdot \eta_i)$ 计算表

单项海绵设施	设施面积 S_i (m ²)	有效水深 H_i (m)	各项设施有效调蓄容积 $V_i = S_i \cdot H_i$ (m ³)	各项设施污染物去除率 η_i (以 SS 计, %)	各项设施污染物去除率权重 $V_i \cdot \eta_i$
蓄水池				85	
景观水池				60	
下沉式绿地				70	
雨水花园				80	
总计 Σ			ΣV_i		$\Sigma (V_i \cdot \eta_i)$

7.6.12 水量平衡分析应根据雨水控制与利用目标进行确定，并应符合下列规定：

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

7.6.13 雨水回用于景观水体的日补水量应包括水面蒸发量、水体渗漏量，以及雨水处理设施自用水量，并应符合下列规定：

- 1 日平均水面蒸发量应依据实测数据确定，无实测资料时可按式 7.6.13-1 计算。

$$Q_{zh} = 52.0S(P_m - P_a)(1 + 0.135V_{md}) \quad (7.6.13-1)$$

式中： Q_{zh} ——水池的水面蒸发量 (L/d)；

S ——水池的表面积 (m^2);

P_m ——水面温度下的饱和蒸气压 (P_a), 可查阅给水排水设计手册第 1 册常用资料中表 3-27;

P_a ——空气的蒸汽分压 (P_a), 为相对湿度与饱和水蒸汽压力的乘积;

V_{md} ——日平均风速 (m/s)。

2 水体日渗漏量可按式 7.6.13-2 计算。

$$Q_s = S_m \cdot A_s / 1000 \quad (7.6.13-2)$$

式中: Q_s ——水体的日渗透漏失量, (m^3/d);

S_m ——单位面积日渗透量, [$\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]; 不大于 $1 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$;

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

3 雨水处理系统采用物化及生化处理设施时自用水量占总处理水量的 5%~10%, 当采用自然净化方法处理时可不考虑自用水量。

7.6.14 绿化灌溉最高日用水量应根据气候条件、植物种类、土壤理化性状、浇灌方式和管理制度等因素确定, 绿化灌溉用水定额应按表 7-5 取值。当无相关资料时, 可按 $1.0 \text{ L}/\text{m}^2 \cdot \text{d} \sim 3.0 \text{ L}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 计。

表 7-5 绿化灌溉年均用水定额 (m^3/m^2)

草坪种类	用水定额		
	特级养护	一级养护	二级养护
冷季型	0.66	0.50	0.28
暖季型	—	0.28	0.12

7.6.15 道路广场浇洒用水定额根据路面性质应按表 7-6 取值, 广场及庭院浇洒用水定额可按下垫面类型参照本表选用, 道路及广场浇洒最高日用水量定额可按 $2.0 \text{ L}/\text{m}^2 \cdot \text{d} \sim 3.0 \text{ L}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 计。

表 7-6 浇洒道路用水定额 ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{次}$)

路面性质	用水定额
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

7.6.16 汽车冲洗用水定额，应根据车辆用途、道路路面等级，以及采取的冲洗方式等因素确定，并按表 7-7 取值。

表 7-7 汽车冲洗用水量定额 (L/辆·次)

冲洗方式	高压水枪冲洗	循环用水冲洗	抹车、微水冲洗	蒸汽冲洗
轿车	40~60	20~30	10~15	3~5
公共汽车 载重汽车	80~120	40~60	15~30	—

7.6.17 建筑物循环冷却水补水量应根据气象条件、冷却塔形式确定，一般可按循环水量的 1%~2% 计算。

7.6.18 雨水用于冲厕等的用水量按照现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 和《建筑中水设计规范》GB 50336 中的用水定额及用水百分率确定。

7.6.19 雨水收集回用系统规模应进行水量平衡分析，且应满足以下要求：

1 控制与利用的雨水径流总量按 7.6.9 计算；

2 雨水可回用量宜按不大于雨水径流总量的 90% 计算，并应扣除初期弃流量；

3 回用系统的最高日设计用水量不宜小于集水面雨水径流总量的 40%。

7.6.20 初期弃流量宜按式 7.6.20 进行计算。当有特殊要求时，可根据实测雨水径流中污染物浓度确定。

$$W_i = 10 \times \delta \times F \quad (7.6.20)$$

式中： W_i —— 初期弃流量 (m^3)；

δ —— 初期径流厚度(mm)；一般屋面取 2mm~3mm，小区路面 3mm~5mm，市政路面取 7mm~15mm；

F —— 汇水面积 (hm^2)。

III 渗透设施计算

7.6.21 渗透设施的日雨水渗透量

$$W_s = \alpha \cdot K \cdot J \cdot A_s \cdot T_s \quad (7.6.21)$$

式中： W_s —— 渗透量 (m^3)；

α —— 综合安全系数，一般可取 0.5~0.8；

K —— 土壤渗透系数 (m/s)；

J——水力坡降，一般可取 $J=1.0$ ；

A_s ——有效渗透面积 (m^2)。水平渗透面按投影面积计算；竖直渗透面按有效水位高度所对应的垂直面积的 $1/2$ 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；埋入地下的渗透设施的顶面积不计。

T_s ——渗透时间 (s)，应按 24h 计，其中入渗池、井的渗透时间宜按 3d 计。

7.6.22 单一系统渗透设施的渗透能力不应小于集水面需控制及利用的雨水径流总量。当不满足时，应增加入渗面积或加设其他雨水控制及利用系统。入渗面积应按式计算：

$$A_s = W_s / (K \cdot J \cdot T_s) \quad (7.6.22)$$

下凹绿地面积大于接纳的硬化汇水面面积时，可不进行渗透能力计算。

7.6.23 入渗系统应设置雨水储存设施，单一系统储存容积应能蓄存入渗设施内产流历时的最大蓄积雨水量，并按式计算：

$$V_s = \max(W_c - K \cdot J \cdot A_s \cdot T_c) \quad (7.6.23)$$

式中： V_s ——入渗系统的储存水量 (m^3)；

W_c ——渗透设施进水量 (m^3)；

7.6.24 渗透设施进水量应按式 7.6.24 计算，且不宜大于日雨水设计径流总量：

$$W_c = \left[60 \frac{q_c}{1000} (F_y \times \psi_m + F_0) \right] t_c \quad (7.6.24)$$

式中： W_c ——渗透设施进水量 (m^3)；

F_y ——渗透设施接纳的集水面积 (hm^2)；

F_0 ——渗透设施的直接受水面积 (hm^2)，埋地渗透设施取 0；

t_c ——渗透设施产流历时 (min)，不宜大于 120min；

q_c ——渗透设施产流历时对应的暴雨强度 [$L/(s \cdot hm^2)$]，按 2 年重现期计算。

7.6.25 单一雨水回用系统的平均日设计用水量不应小于集水面需控制及利用雨水径流总量的 30%。当不满足时，应在储存设施中设置排水泵，其排水能力应在 12h 内排空雨水。

$$\sum q_i \cdot n_i \geq 0.3W \quad (7.6.25)$$

式中： q_i —— 某类用水单位的平均日用水定额 (m^3/d)；

n_i —— 某类用水单位的户数。

7.6.26 雨水收集回用系统应设置储存设施，其储水量应按下式计算。当具有逐日用水量变化曲线资料时，也可根据逐日降雨量和逐日用水量经模拟计算确定。

$$V_h = W - W_i \quad (7.6.26)$$

式中： W_h —— 收集回用系统雨水储存设施的储水量 (m^3)；

W_i —— 设计初期径流弃流量 (m^3)；

7.6.27 雨水调蓄排放系统的储存设施出水管设计流量应符合下列要求：

1) 当降雨过程中排水时，应按下式计算。

$$Q' = \Psi_0 \cdot q \cdot F \quad (7.6.27)$$

式中： Q' —— 出水管设计流量 (L/s)；

Ψ_0 —— 径流系数，宜取 0.2；

q —— 暴雨强度 (L/s· hm^2)，按 2 年重现期计算。

2) 当降雨过后才外排时，宜按 6h~12h 排空调蓄池计算。

7.6.28 雨水调蓄排放系统的储存设施容积应符合下列要求：

1) 降雨过程中排水时，宜根据设计降雨过程变化曲线和设计出流量变化曲线经模拟计算确定，资料不足时可采用下式计算。

$$V = \max \left[\frac{60}{1000} (Q - Q') t_m \right] \quad (7.6.28)$$

式中： V_t —— 调蓄排放系统雨水储存设施的储水量 (m^3)；

t_m —— 调蓄池蓄水历时 (min)，不大于 120min；

Q —— 调蓄池进水流量 (L/s)；

Q' —— 出水管设计流量 (L/s)，按 7.8.7 式确定。

2) 当雨后才排空时，应按集水面雨水设计径流总量 W 取值。

7.6.29 当雨水控制及利用采用入渗系统和收集回用系统的组合时，入渗量和雨水设计用量应符合下列公式要求：

$$K \cdot J \cdot A_s \cdot t_s + \sum q_i \cdot n_i \cdot T_y = W \quad (7.6.29-1)$$

$$K \cdot J \cdot A_s \cdot T_s = W_1 \quad (7.6.28-2)$$

$$\sum q_i \cdot n_i \cdot T_y = W_2 \quad (7.6.28-3)$$

式中： t_s —— 渗透时间 (s)，按 24h 计；水池及渗透井按 3d 计算；

q_i —— 某类用水单位的平均日用水定额 (m^3/d);

n_i —— 某类用水单位的户数。

t_y —— 用水时间, 宜取 3d; 景观水体且作主要水源时, 可取 7d 甚至更长, 但需加大蓄水容积。

7.6.30 当雨水控制及利用采用多系统组合时, 各系统的有效贮水量应符合下式要求:

$$(V_s + W_{x1}) + V_h + V_t = W \quad (7.6.30)$$

式中: W_{x1} —— 入渗设施内累积的雨水量达到最大值过程中渗透的雨水量 (m^3)。

7.6.31 建设场地最大日降雨控制及利用率应按下式计算:

$$f_k = 1 - W_p / (10h_p \cdot F_z) \quad (7.6.31)$$

式中: f_k —— 建设场地日降雨控制及利用率;

W_p —— 建设场地外排雨水总量 (m^3);

h_p —— 日降雨量 (mm), 根据重现期确定;

F_z —— 建设场地总面积 (m^2)。

7.6.32 建设场地外排雨水总量应按下式计算

$$W_p = 10\Psi_z \cdot h_p \cdot F_z - V_L \quad (7.6.32)$$

式中: Ψ_z —— 建设场地综合雨量径流系数;

V_L —— 雨水控制及利用设施截留雨量 (m^3);

7.6.33 雨水控制及利用系统的有效截留雨量应为各系统的截留雨量之和, 可按式 7.6.33 计算:

$$V_L = V_{L1} + V_{L2} + V_{L3} \quad (7.6.33)$$

式中: V_{L1} —— 渗透设施的截留雨量 (m^3);

V_{L2} —— 收集回用系统的截留雨量 (m^3);

V_{L3} —— 调蓄排放设施的截留雨量 (m^3);

7.6.34 各雨水控制及利用系统或设施的有效截留雨量应通过水量平衡确定, 并应以下列主要影响因素为依据:

(1) 渗透系统或设施的主要影响因素应包括: 有效储水容积、汇水面日径流量、日渗透量。透水铺装按表 3.1.3 取径流系数时, 则不再计算截留雨

量。

(2) 收集回用系统的主要影响因素应包括：雨水蓄存设施的有效储水容积、汇水面日径流量、雨水用户的用水能力。

(3) 调蓄排放系统的主要影响因素应包括：调蓄设施的有效储水容积、汇水面日径流量。

IV 调蓄设施计算

7.6.35 合流制排水区域，用于控制面源污染时，雨水调蓄池的有效容积，可按式 7.6.35 计算：

$$V_c = 3600t_i(n - n_0)Q_{dr}\beta \quad (7.6.35)$$

式中： V_c ——调蓄池有效容积 (m^3)；

t_i ——调蓄池进水时间 (h)，宜采用 0.5h~1h，当合流制排水系统雨天溢流污水水质在单次降雨事件中无明显初期效应时，宜取上限，反之，可取下限；

n ——调蓄池运行期间的截流倍数，由要求的污染负荷目标削减率、当地截流倍数和截流量占降雨量比例之间的关系求得；

n_0 ——系统原截流倍数；

Q_{dr} ——截流井以前的旱流污水量 (m^3/s)；

β ——安全系数，可取 1.1~1.5。

7.6.36 在分流制排水区域，用于控制面源污染时，雨水调蓄池的有效容积，可按式 7.6.36 计算：

$$V = 1.5 \times VSR \times S_{ip} \quad (7.6.36)$$

式中： VSR ——单位面积上需调蓄雨水量 (m^3/hm^2)；根据初期雨水控制量要求确定，宜采用 $20m^3/hm^2 \sim 100 m^3/hm^2$ ；

S_{ip} ——产流面积 (hm^2)， $S_{ip} = S_{总} \times \psi_z$ ；

$S_{总}$ ——系统汇水总面积 (hm^2)；

ψ_z ——径流系数。

7.6.37 用于削减排水管道洪峰流量时，雨水调蓄池的有效容积，可按式 7.6.37 计算：

$$V_c = \left[-\left(\frac{0.65}{n^{1.2}} + \frac{b}{t} \cdot \frac{0.5}{n+0.2} + 1.10 \right) \lg(\alpha_t + 0.3) + \frac{0.215}{n^{0.15}} \right] \cdot Q_s \cdot t \quad (7.6.37)$$

式中： V_c ——调蓄池有效容积 (m^3)；

α_t ——脱过系数，取值为调蓄池下游排水管道设计流量和上游排水管道设计流量之比；

Q_s ——调蓄池上游设计流量 (m^3/min)；

b 、 n ——暴雨强度公式参数；

t ——降雨历时 (min)，根据公式 $t = t_1 + t_2$ 计算。

7.6.38 用于雨水利用时，雨水调蓄池的有效容积应根据降雨特征、用水需求和经济效益等确定。

7.6.39 雨水调蓄池的放空时间，可按式 7.6.39 计算：

$$t' = \frac{V_c}{3600 Q_x \eta} \quad (7.6.39)$$

式中： t' ——放空时间 (h)；

V_c ——调蓄池有效容积 (m^3)；

Q_x ——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。

7.7 专业配合与协调

1 海绵化项目专业配置

海绵城市建设需要多专业配合，专业配合好坏是海绵城市成败的关键。海绵城市建设需要城市规划、给水排水、景观园林、建筑、道桥、结构、电气等专业密切配合。

建筑小区海绵化设计一般以给水排水专业作为主导专业，需要景观园林、建筑、经济分析等专业从海绵化方案开始就展开密切的专业配合。

2 建筑小区海绵化设计专业协调内容

建筑小区海绵化设计需要多工种的分工与合作，需要给水排水、景观园林、建筑等专业的密切配合。

各专业分工及协调配合主要内容详见下表。

给水排水	景观园林	建筑
现状及存在问题分析 海绵化控制指标确定 场地竖向设计 海绵设施选择 海绵设施布置 景观及植物配置 海绵化设计计算 海绵化建设规模确定 海绵化方案编写	现状及存在问题分析 场地竖向设计 海绵设施选择 海绵设施布置 地下室顶板覆土 景观及植物配置 海绵化方案编写	现状及存在问题分析 场地竖向设计 海绵设施选择 海绵设施布置 地下室顶板覆土 景观及植物配置

注：1、海绵措施包含下沉式绿地、植草沟、绿色屋顶、立体绿化、雨水处理及回用设施。

2、场地竖向设计包括场地标高、场地高差设计等。

8 建筑小区低影响开发雨水系统工程建设

8.1 基本要求

(1) 城市规划、建设等相关部门应在建设用地规划或土地出让、建设工程规划、施工图设计审查、建设项目施工、监理、竣工验收备案等管理环节，加强对低影响开发雨水系统构建及相关目标落实情况的审查。

(2) 政府投资项目（如公建、学校等）的低影响开发设施建设工程一般可由当地政府、建设主体筹集资金。社会投资项目的低影响开发设施建设一般由企事业单位自筹资金。当地政府可根据当地经济、生态建设情况，通过建立激励政策和机制鼓励社会资本参与公共项目低影响开发雨水系统的建设投资。

(3) 低影响开发设施建设工程的规模、竖向、平面布局等应严格按规划设计文件进行控制。

(4) 施工现场应有针对低影响开发雨水系统质量控制和质量检验制度。

(5) 低影响开发设施所用原材料、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。

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

(7) 有条件地区，低影响开发雨水设施工程的验收可在整个工程经过一个雨季运行检验后进行。

8.2 工程建设

(1) 建筑小区低影响开发设施应领会设计意图，并严格按照规划总图、施工图进行建设，以达到低影响开发控制目标与指标要求。

(2) 海绵设施应严格按照平面设计和竖向设计进行施工场地平整，标高要准确。下沉式绿地、雨水花园、植草沟等设施竖向设置和溢流设置应保证设施的有效调节容积要求。

(3) 海绵设施的下垫面应严格按照设计图施工。

(4) 建筑小区低影响开发设施应建设有效的进水及转输设施，汇水面径流雨水经截污等预处理后优先进入低影响开发设施消纳。

(5) 建筑小区低影响开发设施应设置溢流排放系统，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) 建筑小区低影响开发设施应按照先地下后地上的顺序进行施工，防渗、水土保持、土壤介质回填等分项工程的施工应符合设计文件及相关规范的规定。

(7) 植物配置应严格按照设计规定的植株密度和植株规格进行种植。

(8) 建筑小区低影响开发设施建设工程的竣工验收应严格按照相关施工验收规范执行，并重点对设施规模、竖向、进水设施、溢流排放口、防渗、水土保持等关键设施和环节做好验收记录，验收合格后方可交付使用。

9 建筑小区低影响开发雨水系统设施维护与管理

9.1 基本要求

(1) 建筑小区的低影响开发雨水设施，由小区或其委托方负责维护管理。

(2) 应建立健全低影响开发设施的维护管理制度和操作规程，配备专职管理人员和相应的监测手段，并对管理人员和操作人员加强专业技术培训。

(3) 低影响开发雨水设施应做好雨季来临前和雨季期间设施的检修和维护管理，保障设施正常、安全运行。

(4) 低影响开发设施的维护管理部门宜对设施的效果进行监测和评估，确保设施的功能得以正常发挥。

(5) 应加强低影响开发设施数据库的建立与信息技术应用，通过数字化信息技术手段，进行科学规划、设计，并为低影响开发雨水系统建设与运行提供科学支撑。

(6) 应加强宣传教育和引导，提高公众对海绵城市建设、低影响开发、绿色建筑、城市节水、水生态修复、内涝防治等工作中雨水控制与利用重要性的认识，鼓励公众积极参与低影响开发设施的建设、运行和维护。

9.2 设施维护与管理

本节列出了不同设施维护管理的主要内容。

1 透水铺装

(1) 面层出现破损时应及时进行修补或更换；

(2) 出现不均匀沉降时应进行局部整修找平；

(3) 当渗透能力大幅下降时应采用冲洗、负压抽吸等方法及时进行清理。

2 绿色屋顶

(1) 应及时补种修剪植物、清除杂草、防治病虫害；

(2) 溢流口堵塞或淤积导致过水不畅时，应及时清理垃圾与沉积物；

(3) 排水层排水不畅时，应及时排查原因并修复；

(4) 屋顶出现漏水时，应及时修复或更换防渗层。

3 生物滞留设施、下沉式绿地

(1) 应及时补种修剪植物、清除杂草；

(2) 进水口不能有效收集汇水面径流雨水时，应加大进水口规模或进行局部下凹等；

(3) 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；

(4) 进水口、溢流口堵塞或淤积导致过水不畅时，应及时清理垃圾与沉积物；

(5) 调蓄空间因沉积物淤积导致调蓄能力不足时，应及时清理沉积物；

(6) 由于坡度导致调蓄空间调蓄能力不足时，应增设挡水堰或抬高挡水堰、溢流口高程；

(7) 出水水质不符合设计要求时应换填填料。

4 渗井、渗管/渠

(1) 进水口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；

(2) 设施内因沉积物淤积导致调蓄能力或过流能力不足时，应及时清理沉积物；

(3) 当渗井调蓄空间雨水的排空时间超过 36 h 时，应及时置换填料。

5 蓄水池

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

(2) 进水口、溢流口堵塞或淤积导致过水不畅时，应及时清理垃圾与沉积物；

(3) 沉淀池沉积物淤积超过设计清淤高度时，应及时进行清淤；

(4) 应定期检查泵、阀门等相关设备，保证其能正常工作；

(5) 防误接、误用、误饮等警示标识、护栏等安全防护设施及预警系统损坏或缺失时，应及时进行修复和完善。

7 雨水罐

(1) 进水口存在堵塞或淤积导致的过水不畅现象时，及时清理垃圾与沉积物；

(2) 及时清除雨水罐内沉积物；

(2) 寒冷地区，在冬期来临前应将雨水罐及其连接管路中的水放空，以免受冻损坏；

(3) 防误接、误用、误饮等警示标识损坏或缺失时，应及时进行修复和完善。

物；

(3) 预处理设施及调节池内有沉积物淤积时，应及时进行清淤。

8 植草沟、植被缓冲带

(1) 应及时补种修剪植物、清除杂草；

(2) 进水口不能有效收集汇水面径流雨水时，应加大进水口规模或进行局部下凹等；

(3) 进水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；

(4) 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；

(5) 边坡出现坍塌时，应及时进行加固；

(6) 由于坡度较大导致沟内水流流速超过设计流速时，应增设挡水堰或抬高挡水堰高程。

9 初期雨水弃流设施

(1) 进水口、出水口堵塞或淤积导致过水不畅时，应及时清理垃圾与沉积物；

(2) 沉积物淤积导致弃流容积不足时应及时进行清淤等。

10 维护频次

低影响开发设施的常规维护频次及时间要求如表 9-1 所示。

表 9-1 低影响开发设施常规维护频次

低影响开发设施。	维护频次。	备注。
透水铺装。	检修、疏通透水能力2次/年（雨季之前和期中）。	—。
绿色屋顶。	检修、植物养护2-3次/年。	初春浇灌（浇透）1次，雨季期间除杂草1次，北方气温降至0℃前浇灌（浇透）1次； <u>视天</u> 。
		<u>气情况</u> 不定期浇灌植物。
下沉式绿地。	检修2次/年（雨季之前、期中），植物生长季节修剪1次/月。	指狭义的下沉式绿地。
生物滞留设施。	检修、植物养护2次/年（雨季之前、期中）。	植物栽种初期适当增加浇灌次数；不定期的清理植物残体和其他垃圾。
渗井。	检修、清淤2次/年（雨季之前、期中）。	—。
蓄水池。	检修、淤泥清理2次/年（雨季之前和期中）。	每次暴雨之前预留调蓄空间。
雨水罐。	检修、淤泥清理2次/年（雨季之前和期中）。	每次暴雨之前预留调蓄空间。
植草沟。	检修2次/年（雨季之前、期中），植物生长季节修剪1次/月。	—。
渗管/渠。	检修1年/次（雨季之前）。	—。
植被缓冲带。	检修2次/年（雨季之前、期中），植物生长季节修剪1次/月。	—。
初期雨水弃流设施。	检修1次/月（雨季之前）。	—。

附录 1 主要术语

1 低影响开发(LID) low impact development

强调城镇开发应减少对环境（包括已建成区域和已有设施）的冲击，其核心是基于源头控制和延缓冲击负荷的理念，构建与自然相适应的城镇排水系统，合理利用景观空间和采取相应措施对暴雨径流进行控制，减少城镇面源污染。

2 雨水控制与利用 stormwater management and harvest

指削减径流总量、峰值及降低径流污染和收集回用雨水的总称。包括雨水的“渗、滞、蓄、净、用、排”等。

3 雨水断接 stormwater disconnection

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

4 雨水调蓄 stormwater detention, retention and storage

雨水滞蓄、储存和调节的统称。

5 雨水滞蓄 stormwater retention

在降雨期间滞留和蓄存部分雨水以增加雨水的入渗、蒸发和收集回用。

6 雨水储存 stormwater storage

在降雨期间储存未经处理的雨水。

7 雨水调节 stormwater detention

也称调控排放，在降雨期间暂时储存（调节）一定量的雨水，削减向下游排放的雨水洪峰径流量、延长排放时间，但不减少排放的总量。

8 铺装层容水量 water storage capacity of pavement layer

单位面积透水地面铺装层可容纳雨水的最大量。

9 雨水利用设计降雨量 design rainfall depth of stormwater harvest

指雨水控制与利用系统能消纳并使其不外排的一场雨的雨量，通常用日降雨量表示。

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

雨水通过自然和人工强化的入渗、滞蓄、调蓄和收集回用，场地内累计一

年得到控制的雨水量占全年总降雨量的比例。

11 径流污染控制量 volume of runoff pollution control

为达到控制径流污染目的所需处理的一定体积的雨水量。

12 土壤渗透系数 soil infiltration coefficient

单位水力坡度下水的稳定渗透速度。

13 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。

14 雨量径流系数 volumetric runoff coefficient

设定时间内降雨产生的径流总量与总雨量之比。

15 初期径流 initial runoff

一场降雨初期产生的一定厚度的降雨径流。

16 下垫面 underlying surface

降雨受水面的总称。包括屋面、地面、水面等。

17 绿化屋面 green roof

在高出地面以上，与自然土层不连接的各种建筑物、构筑物的顶部，以及天台、露台上由覆土层和疏水设施构建的绿化体系。

18 下沉式绿地 depressed green

低于周边地面标高，可积蓄、下渗自身和周边雨水径流的绿地。

19 下沉式绿地率 depressed green ratio

下沉式绿地面积占绿地总面积的比例。

20 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。

21 透水铺装地面 pervious pavement

可渗透、滞留和渗排雨水并满足一定要求的地面铺装结构。

22 透水铺装率 pervious pavement ratio

透水铺装面积占硬化和铺装总面积的比例。

23 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体系为全透水路面结构。

24 透水沥青路面 pervious asphalt pavement

由较大空隙率混合料作为路面结构层，容许路表水进入路面（或路基）的一类沥青路面。

25 透水水泥混凝土路面 pervious concrete pavement

由具有较大空隙的水泥混凝土作为路面结构层、容许路表水进入路面（或路基）的一类混凝土路面。

26 植被浅沟 grass swale

可以转输雨水，在地表浅沟中种植植被，利用沟内的植物和土壤截留、净化雨水径流的措施。

27 生物滞留设施 bio-retention facilities

在地势较低的区域通过植物、土壤和微生物系统滞蓄、净化雨水径流，由植物层、蓄水层、土壤层、过滤层（或排水层）构成。包括：雨水花园、雨水湿地等。

28 渗透池（塘） infiltration pool

指雨水通过侧壁和池底进行入渗的滞蓄水池（塘）。

29 渗透检查井 infiltration manhole

具有渗透功能和一定沉砂容积的管道检查维护装置。

30 渗透管渠 infiltration trench

具有渗透和转输功能的雨水管或雨水渠。

31 雨水湿地 stormwater wetlands

一种通过沉淀、过滤和生物作用等方式达到高峰削减和径流污染控制的湿地，包括表面流湿地、潜流型湿地两种类型。

32 过滤设施 filtration facilities

一种通过砂、有机质、土壤等的过滤作用来达到径流污染控制目的的设施，包括表面砂滤池、地下室砂滤池、周边型砂滤池、有机滤料滤池、生物滞留槽等五种类型。

33 前池 suction intank canal

连接进水管渠和吸水池（井），使进水水流均匀进入吸水池（井）的构筑物。

附录2 广西各主要城市暴雨强度公式

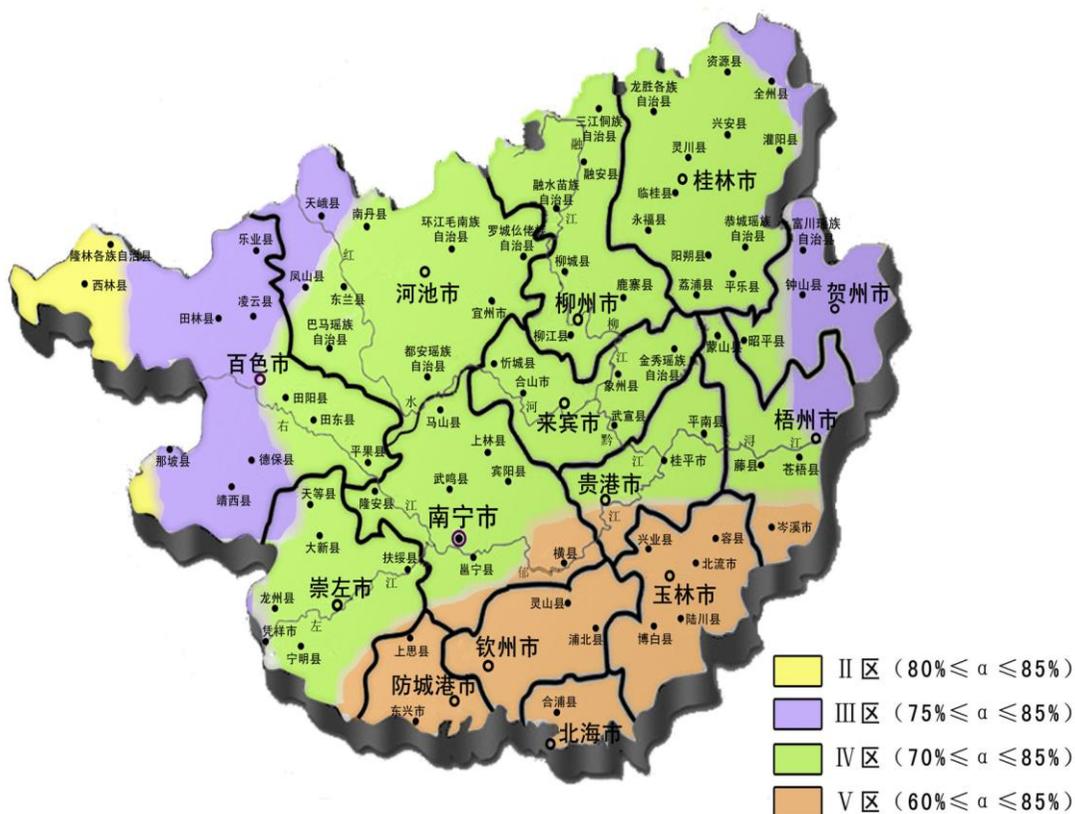
序号	城市	暴雨强度公式
1	南宁	$q = \frac{4306.586(1 + 0.516 \lg P)}{(t + 15.293)^{0.793}}$
2	桂林	$q = \frac{2276.830(1 + 0.581 \lg P)}{(t + 10.268)^{0.686}}$
3	柳州	$q = \frac{1929.943(1 + 0.776 \lg P)}{(t + 9.507)^{0.652}}$
4	来宾	$q = \frac{1334.241(1 + 0.828 \lg P)}{(t + 6.172)^{0.594}}$
5	贺州	$q = \frac{1823.540(1 + 0.620 \lg P)}{(t + 7.017)^{0.669}}$
6	百色	$q = \frac{2995.381(1 + 0.620 \lg P)}{(t + 12.271)^{0.769}}$
7	北海	$q = \frac{1298.671(1 + 0.464 \lg P)}{(t + 5.322)^{0.480}}$
8	防城港	$q = \frac{1194.580(1 + 0.360 \lg P)}{(t + 3.900)^{0.445}}$
9	钦州	$q = \frac{1815.359(1 + 0.594 \lg P)}{(t + 6.669)^{0.596}}$
10	贵港	$q = \frac{1712.455(1 + 0.581 \lg P)}{(t + 6.241)^{0.604}}$

11	崇左	$q = \frac{3634.767(1+0.633\lg P)}{(t+14.613)^{0.791}}$
12	河池	$q = \frac{2850(1+0.597\lg P)}{(t+8.5)^{0.757}}$
13	玉林	$q = \frac{2170(1+0.484\lg P)}{(t+6.4)^{0.665}}$
14	梧州	$q = \frac{2070(1+0.466\lg P)}{(t+7)^{0.72}}$
15	东兴	$q = \frac{1217[1+0.0685(\lg P)^2]}{(t+5)^{0.439}P^{-0.159}}$
16	宁明	$q = \frac{4030(1+0.62\lg P)}{(t+12.5)^{0.823}}$
17	融水	$q = \frac{2097(1+0.516\lg P)}{(t+6.7)^{0.65}}$

注：1、本表暴雨强度公式为截止 2016 年 12 月止的公式；

2、如各市已颁布有最新编制的暴雨强度公式，则以新公式为准。

附录3 广西年径流总量控制率分区图



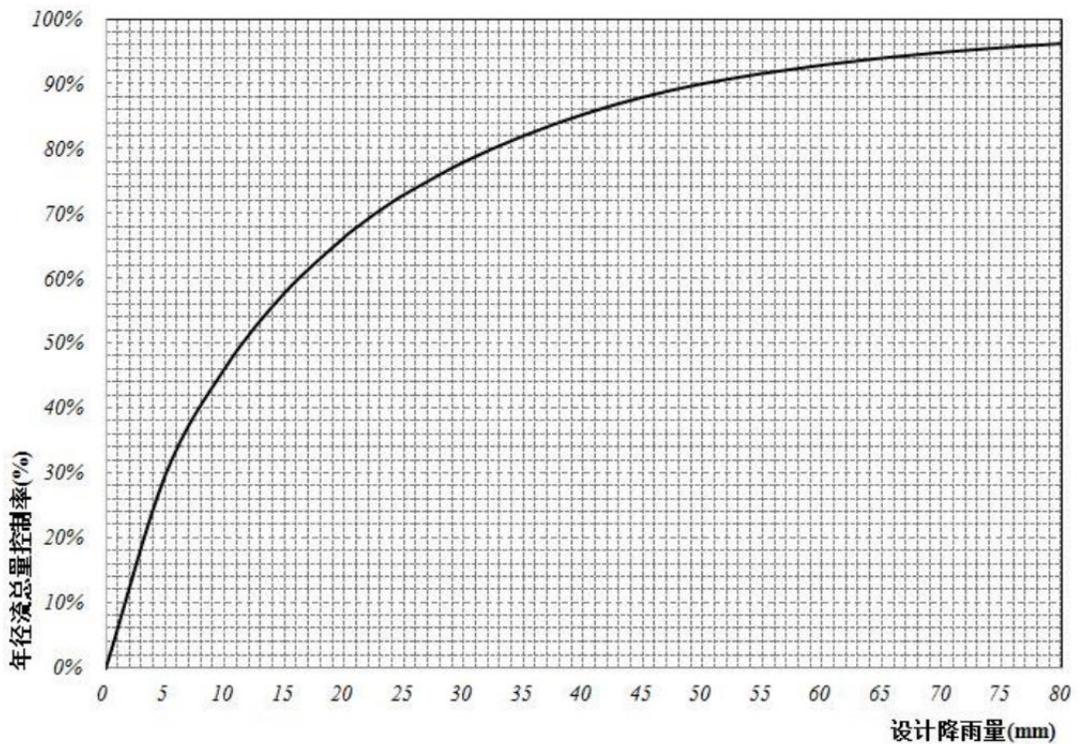
注:

1. 本图根据住房和城乡建设部《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建》(试行)绘制;

2. 我国大陆地区大致分为五个年径流总量控制率分区,广西处在II区~V区之间,本图给出了各区年径流总量控制率 α 的最低和最高限值,即II区($80\% \leq \alpha \leq 85\%$;半干旱区)、III区($75\% \leq \alpha \leq 85\%$;半湿润区)、IV区($70\% \leq \alpha \leq 85\%$;湿润区)、V区($60\% \leq \alpha \leq 85\%$;湿润区),如图所示。各地应参照此限值,因地制宜的确定本地区年径流总量控制目标。

附录 4 年径流总量控制率与设计降雨量的关系（南宁市）

南宁市降雨量统计分析采用 1980~2014 年共 35 年的 4541 场 24 小时降雨资料，多年平均径流总量控制率与设计降雨量的对应关系如下图、下表所示。



多年平均径流总量控制率	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
设计降雨量	10.7	13.8	16.9	19.8	22.7	26.0	33.4	40.4	54.5	66.5

附录5 广西各主要城市平均年降雨量和日降雨量

序号	城市	平均年降雨量 (mm)	一年一遇 日降雨量(mm)	两年一遇 日降雨量(mm)
1	南宁	1310.5	62.6	90.3
2	柳州	1415.2	---	---
3	桂林	1909.3	66.7	121.2
4	桂平	1739.8	74.7	103.8
5	龙州	1331.3	68.7	91.6
6	钦州	2141.3	98.7	164.2
7	百色	1090.0	58.3	87.3
8	河池	1509.8	63.8	91.9
9	梧州	1484.4	57.2	101.1
10	北海	1670.0	---	---
11	防城港	3465.0	---	---
12	玉林	1650.0	---	---
13	崇左	1200.0	---	---
14	贵港	1600.0	---	---
15	贺州	1558	---	---

附录 6 建筑与小区常用植物名录

序号	图片	名称	适用绿色海绵措施
1		水松	生态驳岸、雨水湿地
2		大花紫薇	下沉绿地、植被缓冲带、地下建筑覆土绿地
3		木棉	下沉绿地、植被缓冲带、生态驳岸
4		阳桃	下沉绿地、植被缓冲带、地下建筑覆土绿地
5		荔枝	下沉绿地、植被缓冲带、地下建筑覆土绿地
6		小叶榄仁	下沉绿地、植被缓冲带

7		银海枣	下沉绿地、植被缓冲带、地下建筑覆土绿地
8		佛肚竹	下沉绿地、植被缓冲带、生态驳岸
9		朱槿	下沉绿地、植被缓冲带、绿色屋顶、地下建筑覆土绿地
10		软枝黄蝉	下沉绿地、植被缓冲带、绿色屋顶、地下建筑覆土绿地
11		红花继木	下沉绿地、植被缓冲带、绿色屋顶、地下建筑覆土绿地
12		黄金榕	下沉绿地、植被缓冲带、绿色屋顶、地下建筑覆土绿地
13		使君子	下沉绿地、绿色屋顶、地下建筑覆土绿地
14		肾蕨	植草沟、下沉绿地、绿色屋顶、地下建筑覆土绿地、植被缓冲带

15		朱蕉	下沉绿地、植被缓冲带、绿色屋顶、地下建筑覆土绿地
16		花叶芒	植草沟、下沉绿地、植被缓冲带、绿色屋顶、地下建筑覆土绿地
17		黄花鸢尾	雨水花园、雨水湿地、生态驳岸、下沉绿地、植被缓冲带、生物滞留设施
18		紫芋	雨水花园、雨水湿地、生态驳岸、下沉绿地、植被缓冲带
19		菖蒲	雨水花园、雨水湿地、生态驳岸
20		马尼拉草	植草沟、植被缓冲带、绿色屋顶、地下建筑覆土绿地

附录7 低影响开发雨水系统设施估算单价（南宁市）

序号	低影响开发雨水系统设施	单位	造价估算
1	透水铺装（植草砖）	元/m ²	100-200
2	透水铺装（透水砖）	元/m ²	150-400
3	透水铺装（透水水泥混凝土）	元/m ²	80-150
4	透水铺装（透水沥青）	元/m ²	80-250
5	绿色屋顶	元/m ²	80-130
6	转输型植草沟	元/m	50-360
7	干式植草沟	元/m	70-460
8	湿式植草沟	元/m	160-380
9	下沉式绿地	元/m ²	60-100
10	简易型生物滞留设施	元/m ²	170-230
11	复杂型生物滞留设施	元/m ²	270-420
12	渗透塘	元/m ²	250-340
13	湿塘	元/m ²	160-250
14	渗井	元/座	3100-3600
15	雨水湿地	元/m ²	240-270
16	调节塘	元/m ³	110-370
17	调节池	元/m ³	130-170
18	雨水罐	元/m ³	1050-1400
19	渗管/渗渠	元/m	160-260
20	人工土壤渗滤	元/m ²	270-420
21	植被缓冲带	元/m ²	80-150
22	钢筋混凝土蓄水池	元/m ³	800-1800
23	玻璃钢蓄水池	元/m ³	1200-2500
24	PP雨水模块蓄水池	元/m ³	1500-3000

附录 8 引用标准名录

- 《室外排水设计规范》 GB 50014
- 《建筑给水排水设计规范》 GB 50015
- 《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
- 《给水排水管道工程施工及验收规范》 GB 50268
- 《建筑中水设计规范》 GB 50336
- 《城市排水工程规划规范》 GB 50318
- 《污水再生利用工程设计规范》 GB 50335-2002
- 《建筑与小区雨水利用工程技术规范》 GB 50400-2006
- 《城市绿地设计规范》 GB 50420-2007
- 《城镇给水排水设计规范》 GB 50788
- 《绿色建筑评价标准》 GB/T 50378-2006
- 《雨水集蓄利用工程技术规范》 GB/T 50596
- 《城市道路工程设计规范》 CJJ 37-2012
- 《建筑屋面雨水排水系统技术规程》 CJJ 142-2014
- 《城市绿地分类标准》 CJJ/T 85
- 《透水水泥混凝土路面技术规程》 CJJ/T 135
- 《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
- 《绿色建筑评价标准》 DB 11/938
- 《虹吸式屋面雨水排水系统技术规程》 CECS 183
- 《水景喷泉工程技术规范》 CECS 218
- 《雨水控制与利用工程设计规范》 DB 11685-2013
- 《透水砖铺装施工与验收规程》 DB 11/T 686
- 《地表水环境质量标准》 GB 3838

《地下水质量标准》 GB/T 14848

《城市污水再生利用 城市杂用水水质标准》 GB/T 18920-2002

《城市污水再生利用景观环境用水水质》 GB/T 18921-2002

《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建》（试行）住房和城乡建设部

附录 9 典型案例

案例一 南宁博物馆项目海绵化提升工程设计

1 项目概况

项目位置：南宁市五象新区龙堤路北面，靠近邕江，与青秀山龙象塔隔江相望

项目规模：总用地面积 60943m²

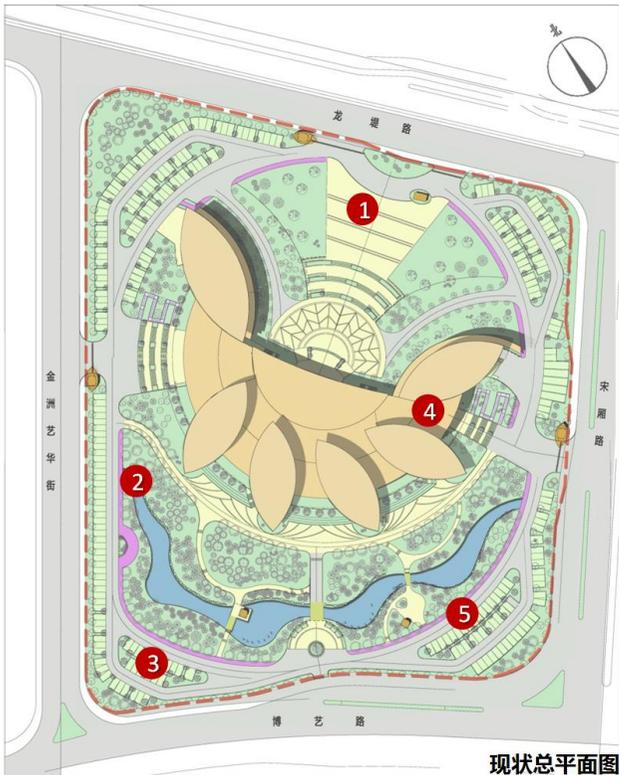
项目投资：海绵化提升工程项目投资 423 万元

2 现状分析

(1) 平面布置及指标分析



(2) 海绵措施现状分析



① 广场铺装

博物馆广场采用花岗岩铺装。



② 水系

水体驳岸基本完工，沿岸植物长势良好。



③ 生态停车场

生态停车场采用植草砖铺设。



④ 主体建筑

硬屋面。



⑤ 人行道

透水铺装。



3 现状存在问题

(1) 园区内现状绿地大多为普通绿地，单块面积小，数量多，分散布置，但是大部分高出道路广场约 0.1m，造成雨水难以进入绿地且场地土壤均为红黏土，透水性差，不利于雨水滞留渗排。

(2) 园区内建筑占地面积大，广场铺地较多，不透水铺装达到 50%，其径流量较大，不符合海绵城市建设雨水径流源头控制的原则。

(3) 园区内人工湖水系，面积较大，水深较浅，采用防渗做法，且由于周围室外雨水管网标高较低，管内雨水无法重力自流至人工湖，未能实现人工湖雨水调蓄及下渗功能。人工湖水源主要为自来水。

4 海绵控制指标确定

依据《南宁市海绵城市总体规划》，项目处于高强度开发海绵城市建设模式示范区，其控制指标如下：

(1) 年径流总量控制率不低于 80%；

(2) 年径流污染削减率不低于 50%。

另外，按照主管部门意见，本项目按照海绵城市示范项目进行建设。

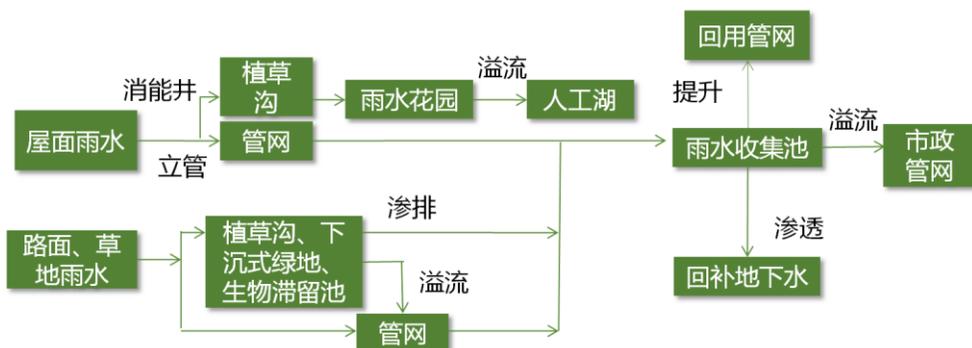
5 设计策略

本项目作为展览性公建项目，设计团队立足于现实，以生态优先为原则，采用源头分散措施，将海绵改造与景观效果相结合，使市民在参观博物馆的过程中更多的了解与传播海绵理念。

具体采用“渗、滞、蓄、净、用、排”的海绵城市建设理念，通过透水铺装、植草沟、雨水花园、雨水蓄渗水池、生物滞留设施、雨水回用、雨水净化后排水等低影响开发措施进行海绵城市建设提升改造。

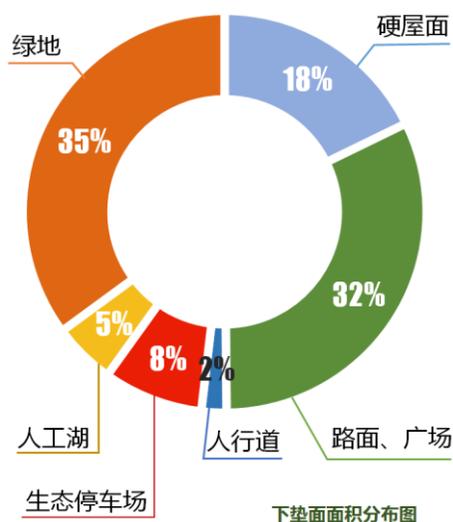
6 海绵系统设计

(1) 低影响开发雨水控制系统设计流程图



(2) 场地下垫面分析

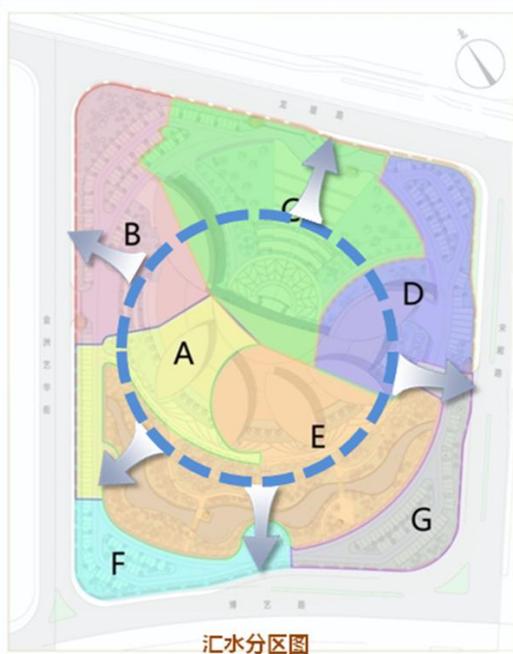
编号	汇水面积种类	本次设计汇水类型	设计取值	外排综合径流系数
1	硬屋面	建筑屋面排入管道	0.90	
2	混凝土或沥青路面及广场	路面、广场	0.90	
3	透水砖铺装	人行道	0.40	
4	透水铺装路面	生态停车场	0.20	
5	水体	人工湖	0	
6	绿地	绿地	0.15	
7	总计			0.53



(3) 汇水分区划分和海绵设施布置

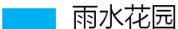
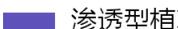
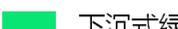
按照场地中部高，四周低，水系驳岸坡度较大的特点，结合雨水管网分布划分为7大汇水区。见下左图。

结合场地地形、汇水分区、景观绿化、海绵控制指标的要求等，布置海绵设施，见下右图。



汇水分区图



- | | |
|---|---|
|  渗透调蓄池 |  雨水花园 |
|  雨水回收利用池 |  渗透型植草沟 |
|  生物滞留带 |  转输型植草沟 |
| |  下沉式绿地 |

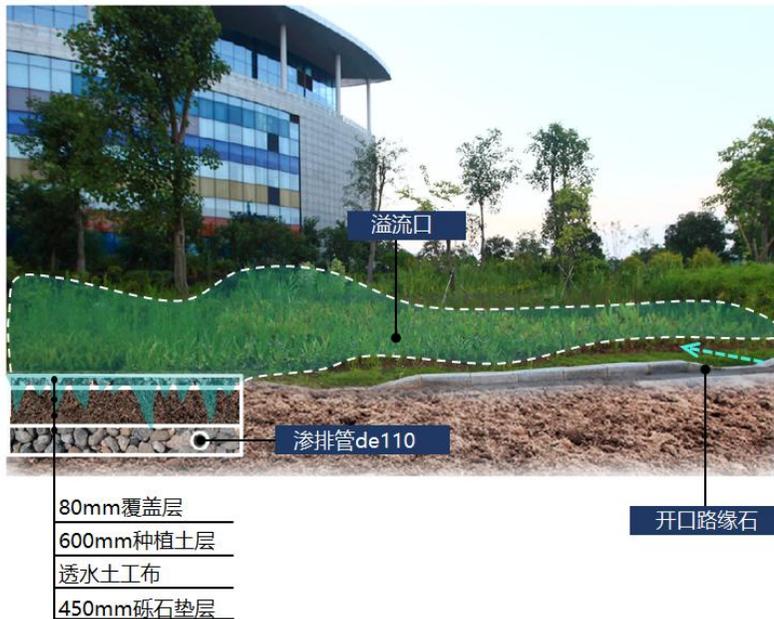
海绵设施总体布置图

(4) 海绵设施设置

雨水花园及下沉式绿地设置

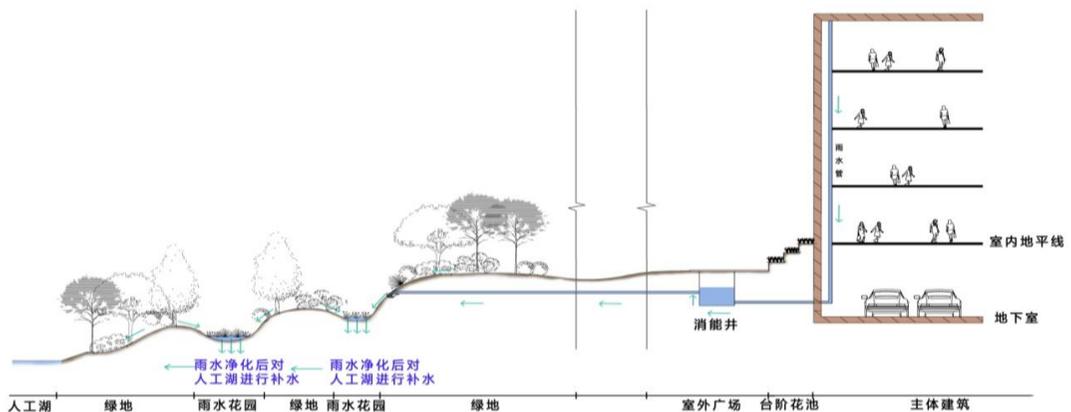
园区内绿地较为零散，环建筑四周绿地由于高差原因均采用阶梯级形式，且种植密度较大。根据竖向，在园区主入口两侧及人工湖附近设置8处雨水花园，面积约1000m²。设置下沉式绿地6000m²。主要对雨水进行渗透、滞留、净

化及利用。雨水花园设置有蓄水层 300mm, 100mm 超高, 下沉式绿地蓄水层 200mm, 100mm 超高, 考虑继续降雨在最高集水面 50mm 设计溢流口, 多余雨水经溢流口溢流至雨水管网。



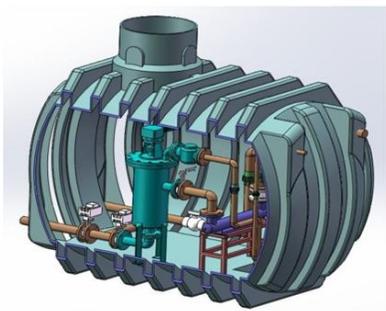
屋面雨水断接

由于屋面结构荷载预留不够, 无法将硬屋面改造成绿色屋顶, 故采用雨水立管断接的方法, 将南侧屋面倒虹吸雨水断接至雨水花园, 屋面雨水出户管经消能井消能后, 以壅水的方式接至雨水花园, 在经雨水花园净化、滞留及下渗后作为人工湖补水用水。



雨水收集利用

雨水进入雨水花园、植草沟、下沉式绿地等海绵设施下渗、滞留及净化后溢流至雨水管网，在管网末端排出口分别设置 4 座地理式雨水蓄水池（其中 3 座各 80m³ 的雨水调蓄池，主要进行下渗，消减洪峰；1 座 140m³ 雨水回用水池），雨水经一体化设备处理后用于园区绿化及道路冲洗用水。



雨水一体化处理设备示意图



雨水利用实景图

路缘石开口与植草沟结合

在园区内部分区域的路缘石开口，可以将道路铺装广场雨水汇流至植草沟，经植草沟转输至雨水花园或下沉式绿地，进行下渗、滞留及过滤。立缘石开设 250×100 的孔洞。



路缘石改造前



路缘石改造后

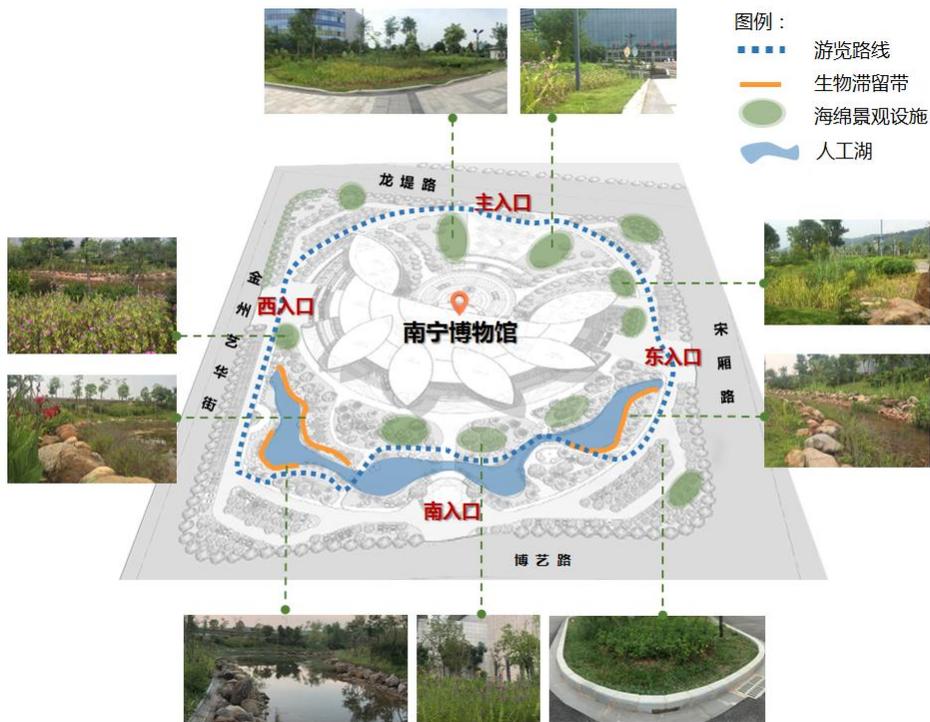
海绵景观设计及植物选择

南宁博物馆多样化的展示方式与生态化的景观设计碰撞结合，将南宁的古

今变迁、人文风情向观者娓娓道来，谱写了南宁历史智慧与生态环境完美融合的优美乐章。其中，海绵景观效果展示便是最亮眼的乐谱之一。

以主入口为起点，环博物馆一周进行游览，整个海绵景观以“起景—过渡—高潮—结束”为海绵景观游览序列的节奏感，逐渐引人入胜。

根据海绵设施的特点，选择既耐涝又有一定抗旱能力、适合于相互搭配的植物，提高环境景观美观，优选多年生及常绿乡土植物，根系发达又有一定耐旱耐污能力的植物。各海绵设施植物配置详见植物配置表（略）。



7 海绵设施设施计算

海绵设施可以按照汇水分区分别计算，然后再加权平均算出整个项目计算结果，本案例按照不分区进行计算。

(1) 按年雨水径流总量计算需控制及利用的雨水径流总量

雨量综合径流系数计算详下表：

雨量综合径流系数计算表

设施类型	硬化屋面	绿化屋面	绿地	混凝土和沥青路面	透水地面	地下室覆土 \geq 500m绿地	水面
面积(m ²)	10733	0	21258	20816	5387	0	2749
径流系数	0.90	0.35	0.15	0.90	0.25	0.15	1.00
综合径流系数	0.585						

需控制及利用的雨水径流总量计算详下表：

需控制及利用的雨水径流总量计算表

序号	项目	数值	备注
1	年径流总量控制率 (%)	80	
2	设计控制降雨量 (mm)	33.4	南宁市
3	场地综合径流系数	0.585	
4	汇水总面积 (m ²)	60943	小区占地面积
5	需控制及利用的雨水径流总量 (m ³)	1190	

由上表计算得知，本项目按照年径流总量控制率 80%控制时，需控制及利用的雨水径流总量为 1190 m³。

(2) 按雨水径流峰值计算需控制及利用的雨水径流总量

需控制及利用的雨水径流总量详下表：

需控制及利用的雨水径流总量计算表

序号	项目	数值	备注
1	硬化汇水面的径流系数	0.91	
2	控制径流峰值所对应的径流系数	0.5	本项目属于既有项目改造
3	常年最大 24h 降雨量 (mm)	90.3	按南宁市 2 年重现期取值
4	硬化面汇水面积 (hm ²)	3.4298	
5	需控制及利用的雨水径流总量 (m ³)	1270	

(3) 需控制及利用的雨水径流总量确定

按照上述二种计算方法的计算结果取大值，本项目需控制及利用的雨水径流总量确定为 1270 m³。

(4) 雨水调蓄方式及调蓄容积计算

根据本项目为改造项目的特点，综合比较后采用雨水花园、下沉式绿地、景观水池调蓄、雨水调蓄池对 1270 m³的雨水径流进行调蓄控制及利用。

① 雨水花园及下沉式绿地：雨水花园面积 1000m²，下凹深度 300 mm；

下沉式绿地面积 6000m²，下凹深度 200 mm，有效水深 100mm

调蓄容积： $V_1=1000 \times (300-100)/1000+6000 \times (200-100)/1000=800 \text{ m}^3$ 。

② 景观水池调蓄：面积：2749m²；有效调蓄高度：100 mm

调蓄容积： $V_2=2749 \times 100/1000=275 \text{ m}^3$ 。

③ 雨水调蓄池：本项目设置 3 座各 80m³的雨水调蓄池和 1 座 140m³雨水回用水池，水池总有效调蓄容积为： $V_3=3 \times 80+140=380 \text{ m}^3$ 。

④ 本项目海绵设施总调蓄容积计算：

$$V_{\text{总}}=V_1+V_2+V_3=800+275+380=1440 \text{ m}^3$$

以上 3 项雨水调蓄方式的调蓄总量为 1440m³>1270 m³，满足对雨水年径流总量及雨水径流峰值的控制。

(5) 目标可达性分析

① 年径流总量控制率校核

本项目设计的低影响开发设施可控制的雨水外排径流量为 1440 m³，反算得出对应的设计降雨量为： $1440 / (0.585 \times 60943) = 40\text{mm}$

查附录 4 年径流总量控制率与设计降雨量对照表，采用内插法计算得设计降雨量为 40mm 时对应的计算年径流总量控制率 η_w 为 85%。因此，本项目年径流总量控制率满足>80%的控制指标要求。

② 年径流污染物总量去除率校核

参数 $\Sigma (V_i \times \eta_i)$ 、 ΣV_i 计算

$\Sigma (V_i \times \eta_i)$ 、 ΣV_i 计算表

单项海绵设施	设施面积 S_i (m^2)	有效水深 H_i (m)	各项设施有效调蓄容积 $V_i = S_i \cdot H_i$ (m^3)	各项设施污染物去除率 η_i (以SS计, %)	各项设施污染物去除率权重 $V_i \cdot \eta_i$
蓄水池			380	85	32300
景观水池	2749	0.10	275	60	16500
下沉式绿地	6000	0.10	600	70	42000
雨水花园	1000	0.20	200	80	16000
总计 Σ			1455		115800

年径流污染物总量去除率 η_{ss} 计算:

$$\begin{aligned}\eta_{ss} &= \eta_w \cdot \Sigma (V_i \times \eta_i) / \Sigma V_i \\ &= 85 \times 115800 \div 1455 \\ &= 67.65\%\end{aligned}$$

满足年径流污染削减率 $>50\%$ 控制指标要求。

由上计算结果得知, 本项目设计满足海绵城市建设指标的要求。

8 其他设计内容

环保与节能设计、项目实施进度计划、投资估算及资金筹划、工程招投标、结论及建议等设计内容在本案例中不一一列出。

案例二 南宁某建筑小区海绵化方案设计

1 项目概况

项目名称：某建筑小区海绵化方案设计

项目位置：南宁市龙岗片区

建设性质：新建工程

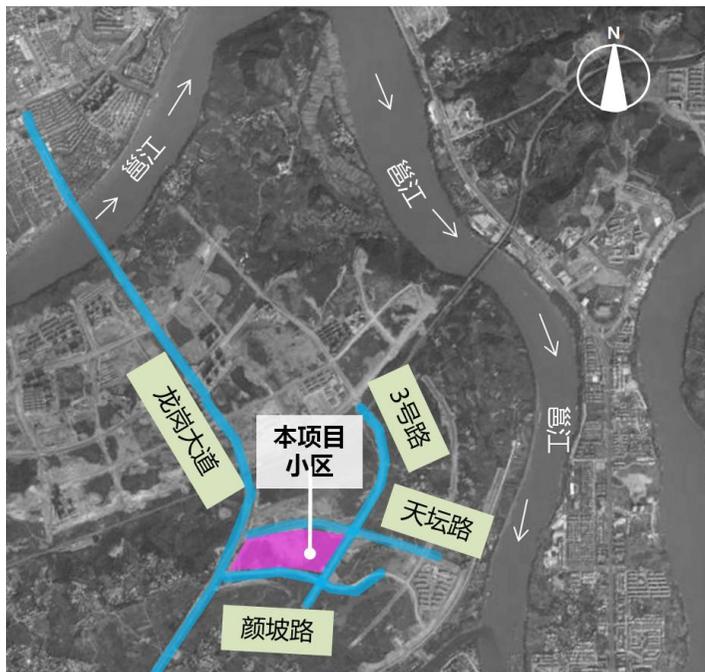
项目投资：总投资 938 万元

建设内容：绿色屋顶、生态停车场、透水沥青、植草沟、下沉式绿地、生物滞留带、雨水花园、雨水回收利用池及回用设备。

2 现状分析及存在问题

(1) 项目区域位置

小区位于南宁市龙岗片区，地处龙岗大道东侧，天坛路南侧，颜坡路北侧。



(2) 场地分析

小区高程分析：

地块一总体地势为西北高，东南低；地块二总体地势为中部高，四周低。



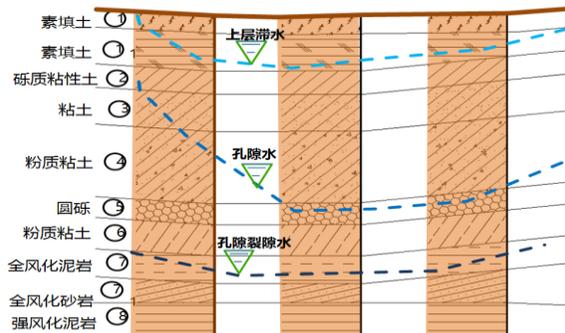
小区坡向分析:

地块一总体地势坡度为南侧住宅区域坡度较大；地块二总体地势坡度为东侧住宅区域坡度较大。



下垫面分析:

①小区地下主要为回填土、第四系冲洪积的粘性土、碎石土以及第三系泥土等，渗透能力较好，设置海绵措施时，不需要大面积改造下垫面。



②小区内下垫面汇水类型包括：屋面、道路及广场、停车场、绿化、水体。



③小区海绵化前，场地综合外排径流系数为 0.64。

小区地下室占地分析：

小区地下室占据了小区的大部分面积，在海绵化设计时应考虑地下室对雨水入渗的影响。



小区排水分析：

小区排水体制为雨污水分流排水。

地下室顶板有 0.8~1.5m 厚度的覆土。小区内部排水方向按照自然地形坡向排水。

小区周边有市政雨水管可供小区排水，详下图所示。



小区汇水分区：依据小区地形，划分 6 个汇水分区



(3) 小区现状条件及存在问题汾西

①小区所在位置高程较高，处于汇水流域的源头，水系相对独立，不受周边影响。自身内部雨水可通过源头控制进行自我消解，同时，内涝风险小。

②小区属于新建项目，可实施空间条件大。

③小区地块大部分区域设置有地下室（商铺及车库），地下室顶板覆土较浅，约为 0.8~1.5m，不利于设置较深的下沉式滞留措施；

④小区下垫面为素填土、粘性土、碎石土等，渗透能力较强，无需进行下垫面改造。

3 海绵控制指标确定

依据《南宁市五象新区海绵城市专项规划》，规划控制指标如下：

- (1) 年径流总量控制率不低于 80%；
- (2) 年径流污染削减率不低于 50%。

4 海绵化方案比选

依据小区特点和海绵化指标要求，本项目设置二个海绵化方案进行比选。

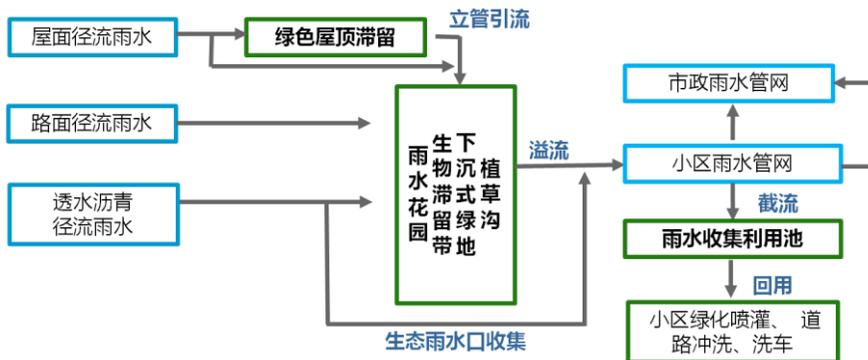
方案一为偏重于透水路面、植草沟和雨水花园的彩色花园式海绵方案。

方案二为以透水铺装、渗透式卵石沟和下沉式砾石花园为主的砾石小景式海绵方案。

二个方案海绵设施设置如下图所示：

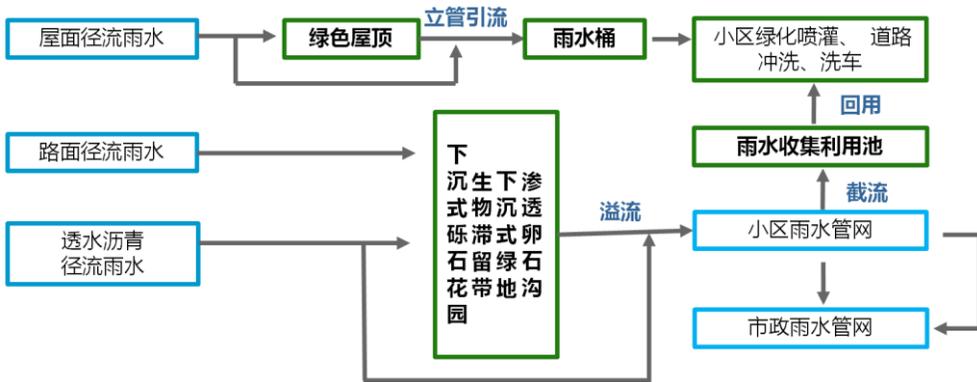


方案一（彩色花园式海绵方案）海绵化流程及海绵设施布置如下图所示：





方案二（彩色花园式海绵方案）海绵化流程及海绵设施布置如下图所示：



方案比选：比较后选择方案一

方案名称	优点	缺点
方案一 (彩色花园式海绵)	<ol style="list-style-type: none">1、海绵措施多样化组合；2、有效利用周边绿地进行屋面雨水断接，高效节能；3、景观效果好，植草沟与雨水花园、生物滞留带的有机结合，形成带状景观；4、有效控制路面、绿地的雨水径流，措施直观有利于宣传海绵理念。	<ol style="list-style-type: none">1、透水沥青施工复杂性大；2、生物滞留带等措施对植物要求高。
方案二 (砾石小景式海绵)	<ol style="list-style-type: none">1、利用雨水桶对屋面雨水有效断接；2、断接雨水可以直接回用，方便快捷；3、对路面雨水径流进行有效控制，景观效果好，利于宣传海绵理念。	<ol style="list-style-type: none">1、下沉式砾石花园造价高，2、雨水桶设计分散，不利于后期维护管理。

5 海绵化设施设计

(1) 绿色屋顶

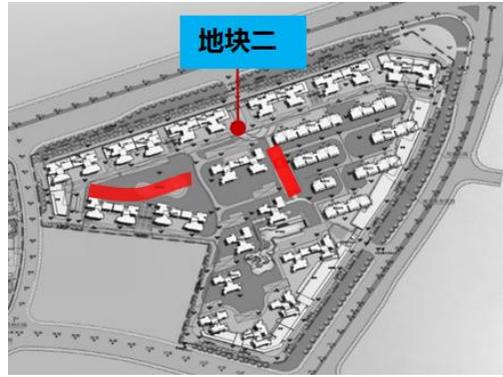
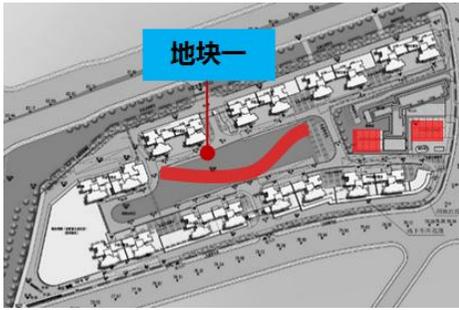
部分住宅楼屋顶设计为绿色屋顶，当住宅屋顶设置有太阳能设施时，绿色屋顶的设计形式与太阳能设施充分结合，保证太阳能设备能正常使用。



(2) 透水沥青

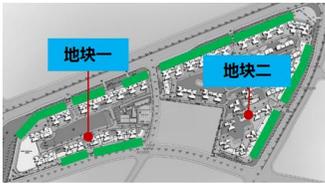
地块一：小区中部景观示范区散步道、幼儿园活动场地设计为彩色透水沥青，赋予趣味性图案，有效控制雨水径流。

地块二：景观示范区及中部景观廊的散步道设计为透水沥青，保证雨水的自然下渗，消纳。



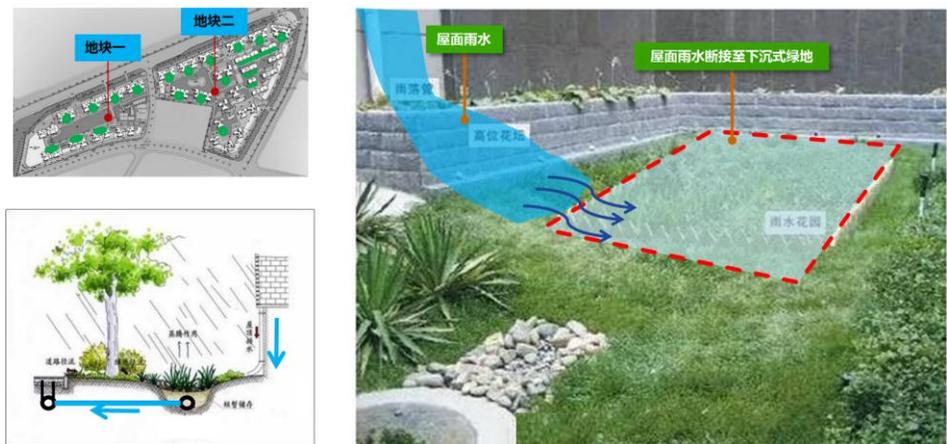
(3) 生态停车场

将小区地面停车场设计为植草砖生态停车场，立体停车场设计为立体绿化型生态停车场。



(4) 下沉式绿地

将住宅楼周边绿地设置成下沉式绿地，屋面雨水断接消能后汇流至下沉式绿地下渗吸纳，减少雨水外排，减轻小区管网压力。



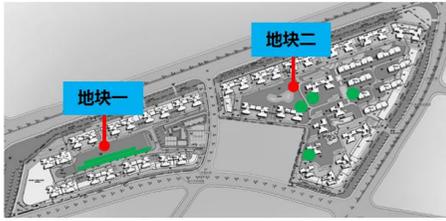
(5) 植草沟+雨水花园

在两个地块中部景观示范区内设计“植草沟+雨水花园”组合海绵措施，形成环形海绵景观带

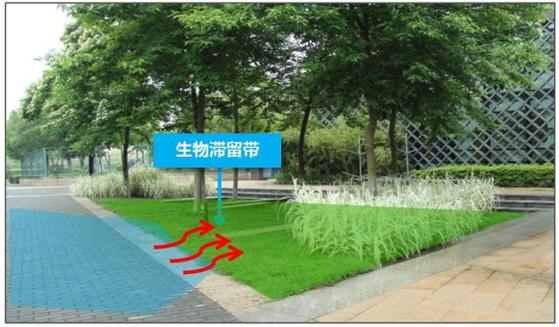


(6) 植草沟+生物滞留带

在地块一景观示范区内和地块二小区道路周边绿地内设置“植草沟+生物滞留带”组合措施，打造阶梯式和带状生物滞留设施景观观点。

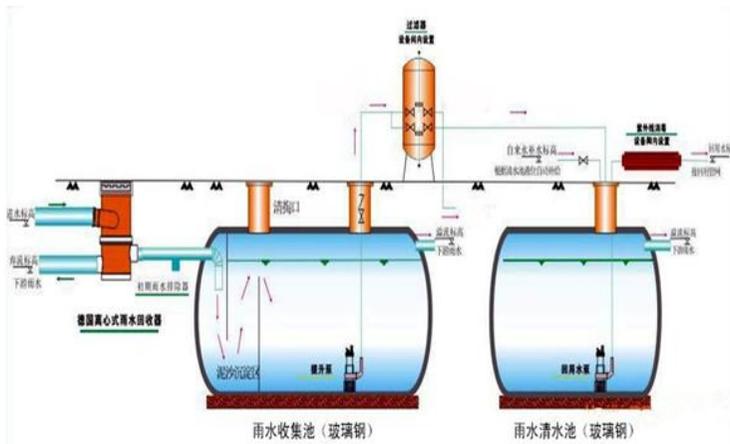
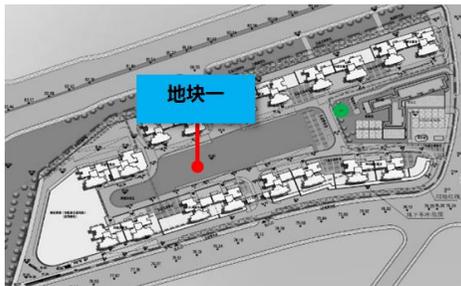


植草沟示意图



(7) 雨水收集利用系统

在幼儿园停车场旁空地设置雨水收集利用池，根据小区 2 天回用水量设计容积为 100m³，将收集的雨水通过一体化设备进行净化处理，净化后的雨水可回用于周边绿地浇灌、道路冲洗、洗车等。



(8) 植物配置

根据所选海绵设施的特点，同时结合南宁市地域特点、植物特性以及环境景观等方面，优先选择多年生及常绿乡土植物，根系发达又有一定耐旱耐污能力植物。

海绵措施植物配置表

编号	单项设施	植物选择	备注
1	绿色屋顶	佛甲草、中华景天、东南景天、凹叶景天	
2	下沉式绿地	佛甲草、中华景天	
3	植草沟	马尼拉草、大叶油草	
4	生物滞留带	如美人蕉，射干	
5	雨水花园	广玉兰、美人蕉、黄金香柳	

6 目标可达性分析（设计计算过程略）

经过计算分析，本项目采取上述海绵措施后年径流总量控制率可达到 84%，满足目标年径流控制总量不低于 80%的要求；年径流污染削减率达到 59%，达到年径流污染削减率大于 50%的指标要求。

各海绵措施组合的设计，充分与建筑总平面、景观设计相结合，实现海绵示范小区，构建生态宜居家园，小区的水安全、水生态、水资源方面得到了较大的提升。

7 其他设计内容

环保与节能设计、项目实施进度计划、投资估算及资金筹划、工程招投标、结论及建议等设计内容在本案例中不一一列出。