

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

2014 年 10 月

目 录

前 言	1
第一章 总则	2
第二章 海绵城市与低影响开发雨水系统	4
第三章 规划	8
第一节 基本要求	8
第二节 规划控制目标	9
第三节 规划中低影响开发控制目标的落实	13
第四节 低影响开发雨水系统构建技术路线	18
第四章 设计	23
第一节 基本要求	23
第二节 设计程序	23
第三节 建筑与小区	24
第四节 城市道路	26
第五节 城市绿地与广场	28
第六节 城市水系	29
第七节 技术选择	31
第八节 设施规模计算	48
第五章 工程建设	54
第一节 基本要求	54
第二节 建筑与小区	54
第三节 城市道路	55
第四节 城市绿地与广场	55
第五节 城市水系	56
第六章 维护管理	57
第一节 基本要求	57
第二节 设施维护	57
第三节 风险管理	61
附录 1 主要术语	63
附录 2 年径流总量控制率与设计降雨量之间的关系	64
附录 3 部分低影响开发单项设施单价估算（北京地区）	66
附录 4 典型案例	67
附录 5 相关规范	85

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）等国家法规政策，并与《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》等国家标准规范有效衔接，编制了本指南。

本指南提出了海绵城市建设—低影响开发雨水系统构建的基本原则，规划控制目标分解、落实及其构建技术框架，明确了城市规划、工程设计、建设、维护及管理过程中低影响开发雨水系统构建的内容、要求和方法，并提供了我国部分实践案例。

本指南的主要内容包括总则、海绵城市与低影响开发雨水系统、规划、设计、工程建设和维护管理，共六章。

本指南由中华人民共和国住房和城乡建设部组织编制。

本指南主要起草单位：北京建筑大学、住房和城乡建设部城镇水务管理办公室、中国城市规划设计研究院、深圳市城市规划设计研究院有限公司、中国城市建设研究院有限公司、北京市园林古建筑设计研究院有限公司、上海市绿化管理指导站、北京市市政工程设计研究总院有限公司、中国城市科学研究会。

本指南由住房和城乡建设部城市建设司负责管理，北京建筑大学负责技术解释。请各单位在使用过程中，总结实践经验，提出意见和建议。

第一章 总则

1 编制目的

本指南旨在指导各地新型城镇化建设过程中，推广和应用低影响开发建设模式，加大城市径流雨水源头减排的刚性约束，优先利用自然排水系统，建设生态排水设施，充分发挥城市绿地、道路、水系等对雨水的吸纳、蓄渗和缓释作用，使城市开发建设后的水文特征接近开发前，有效缓解城市内涝、削减城市径流污染负荷、节约水资源、保护和改善城市生态环境，为建设具有自然积存、自然渗透、自然净化功能的海绵城市提供重要保障。

2 适用范围

本指南借鉴国际上低影响开发建设模式的成功经验，并吸纳了我国相关政策法规的要求和低影响开发雨水系统的工程实践经验，适用于以下三个方面：一是指导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；二是指导新建、改建、扩建项目配套建设低影响开发设施的设计、实施与维护管理；三是指导城市规划、排水、道路交通、园林等有关部门指导和监督海绵城市建设有关工作。

3 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。

第二章 海绵城市与低影响开发雨水系统

1 海绵城市

城镇化是保持经济持续健康发展的强大引擎，是推动区域协调发展的有力支撑，也是促进社会全面进步的必然要求。然而，快速城镇化的同时，城市发展也面临巨大的环境与资源压力，外延增长式的城市发展模式已难以为继，《国家新型城镇化规划（2014—2020年）》明确提出，我国的城镇化必须进入以提升质量为主的转型发展新阶段。为此，必须坚持新型城镇化的发展道路，协调城镇化与环境资源保护之间的矛盾，才能实现可持续发展。党的“十八大”报告明确提出“面对资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势，必须树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念，把生态文明建设放在突出地位……”。建设具有自然积存、自然渗透、自然净化功能的海绵城市是生态文明建设的重要内容，是实现城镇化和环境资源协调发展的重要体现，也是今后我国城市建设的重大任务。

顾名思义，海绵城市是指城市能够像海绵一样，在适应环境变化和应对自然灾害等方面具有良好的“弹性”，下雨时吸水、蓄水、渗水、净水，需要时将蓄存的水“释放”并加以利用。海绵城市建设应遵循生态优先等原则，将自然途径与人工措施相结合，在确保城市排水防涝安全的前提下，最大限度地实现雨水在城市区域的积存、渗透和净化，促进雨水资源的利用和生态环境保护。在海绵城市建设过程中，应统筹自然降水、地表水和地下水的系统性，协调给水、排水等水循环利用各环节，并考虑其复杂性和长期性。

海绵城市的建设途径主要有以下几方面，一是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；二是生态恢复和修复。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；三是低影响开发。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。

海绵城市建设应统筹低影响开发雨水系统、城市雨水管渠系统及超标雨水径流排放系统。低影响开发雨水系统可以通过对雨水的渗透、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。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，是海绵城市建设的重要基础元素。

2 低影响开发雨水系统

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的水文特征，也称为低影响设计（Low Impact Design, LID）或低影响城市设计和开发（Low Impact Urban Design and Development, LIUDD）。其核心是维持场地开发前后水文特征不变，包括径流总量、峰值流量、峰现时间等（见图 2-1）。从水文循环角度，要维持径流总量不变，就要采取渗透、储存等方式，实现开发后一定量的径流量不外排；要维持峰值流量不变，就要采取渗透、储存、调节等措施削减峰值、延缓峰值时间。发达国家人口少，一般土地开发强度较低，绿化率较高，在场地源头有充足空间来消纳场地开发后径流的增量（总量和峰值）。我国大多数城市土地开发强度普遍较大，仅在场采用分散式源头削减措施，难以实现开发前后径流总量和峰值流量等维持基本不变，所以还必须借助于中途、末端等综合措施，来实现开发后水文特征接近于开发前的目标。

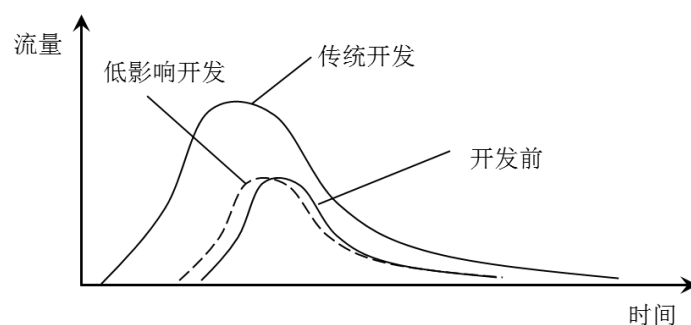


图 2-1 低影响开发水文原理示意图

从上述分析可知，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,广义来讲,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。

3 海绵城市——低影响开发雨水系统构建途径

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 2-2 所示。

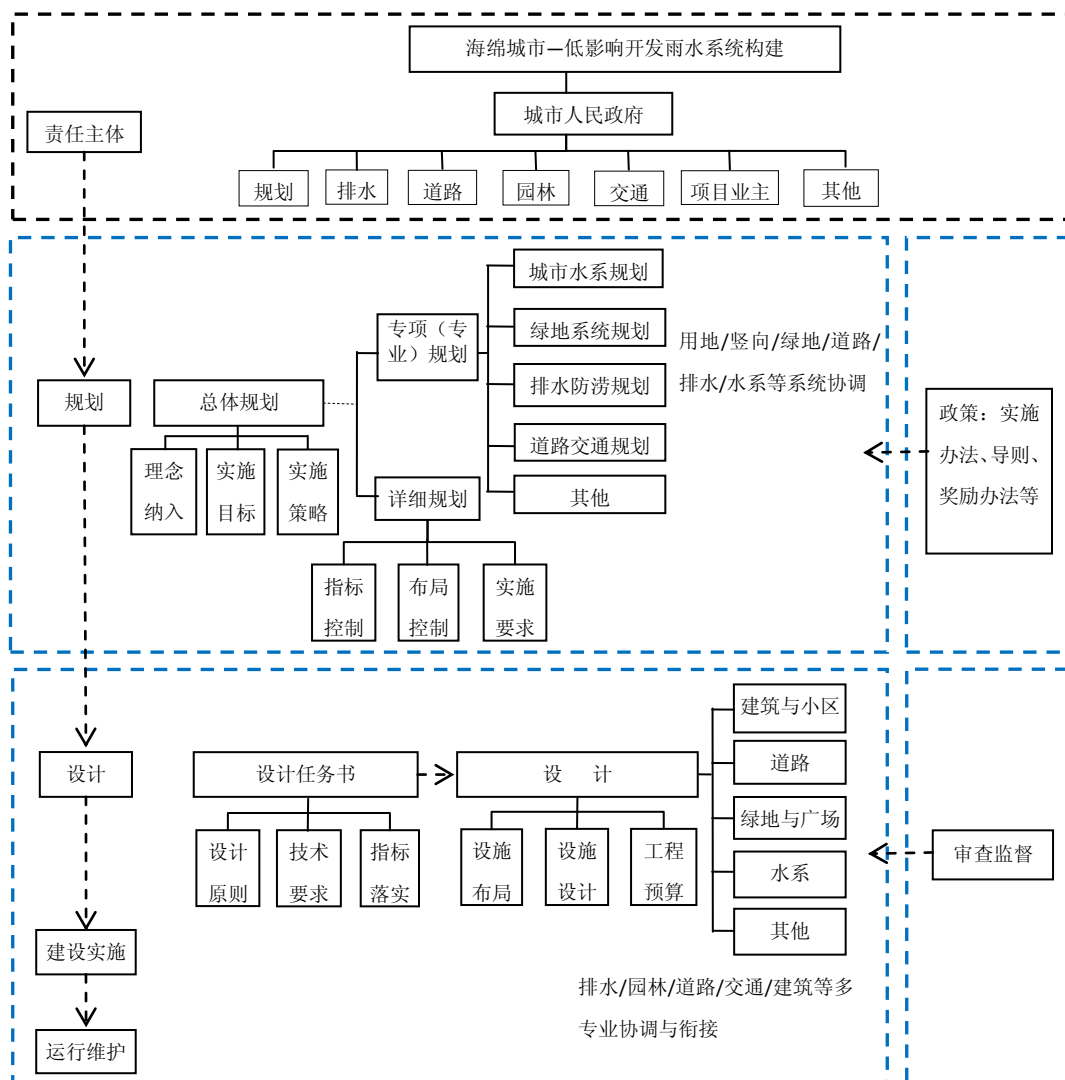


图 2-2 海绵城市——低影响开发雨水系统构建途径示意图

第三章 规划

第一节 基本要求

城市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，在各相关规划编制过程中落实低影响开发雨水系统的建设内容。

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。应开展低影响开发专题研究，结合城市生态保护、土地利用、水系、绿地系统、市政基础设施、环境保护等相关内容，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（详见本章第三节）。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。

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。也可结合城市总体规划要求，积极探索将低影响开发雨水系统作为城市水系统规划的重要组成部分。

生态城市和绿色建筑作为国家绿色城镇化发展战略的重要基础内容，对我国未来城市发展及人居环境改善有长远影响，应将低影响开发控制目标纳入生态城市评价体系、绿色建筑评价标准，通过单位面积控制容积、下沉式绿地率及其下

沉深度、透水铺装率、绿色屋顶率等指标进行落实。

第二节 规划控制目标

构建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、雨水资源化利用等（如图 3-1 所示）。各地应结合水环境现状、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。鉴于径流污染控制目标、雨水资源化利用目标大多可通过径流总量控制实现，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。

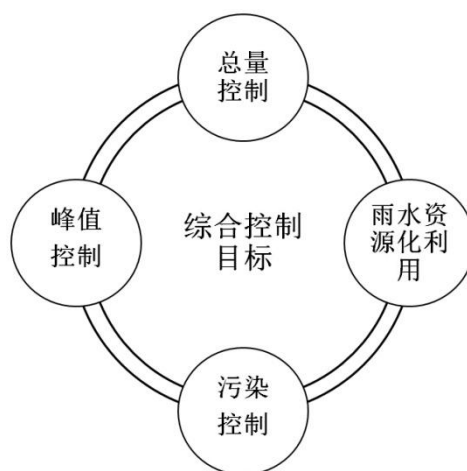


图 3-1 低影响开发控制目标示意图

2.1 径流总量控制目标

（1）目标确定方法

低影响开发雨水系统的径流总量控制一般采用年径流总量控制率作为控制目标。年径流总量控制率与设计降雨量为一一对应关系，具体方法参见本指南附录 2。附录 2 同时给出了部分城市年径流总量控制率及其对应的设计降雨量。年径流总量控制率概念示意图如图 3-2 所示。

理想状态下，径流总量控制目标应以开发建设后径流排放量接近开发建设前自然地貌时的径流排放量为标准。自然地貌往往按照绿地考虑，一般情况下，绿地的年径流总量外排率为 15%-20%（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%。这一目标主要通过控制频率较高的中、小降雨事件来实现。以北京市为例，当年径流总量控制率为 80%和 85%时，对应的设计降雨量为 27.3 mm 和 33.6 mm（详见表 F2-1），分别对应约 0.5 年一遇和 1 年一遇的 1 小时降雨量。

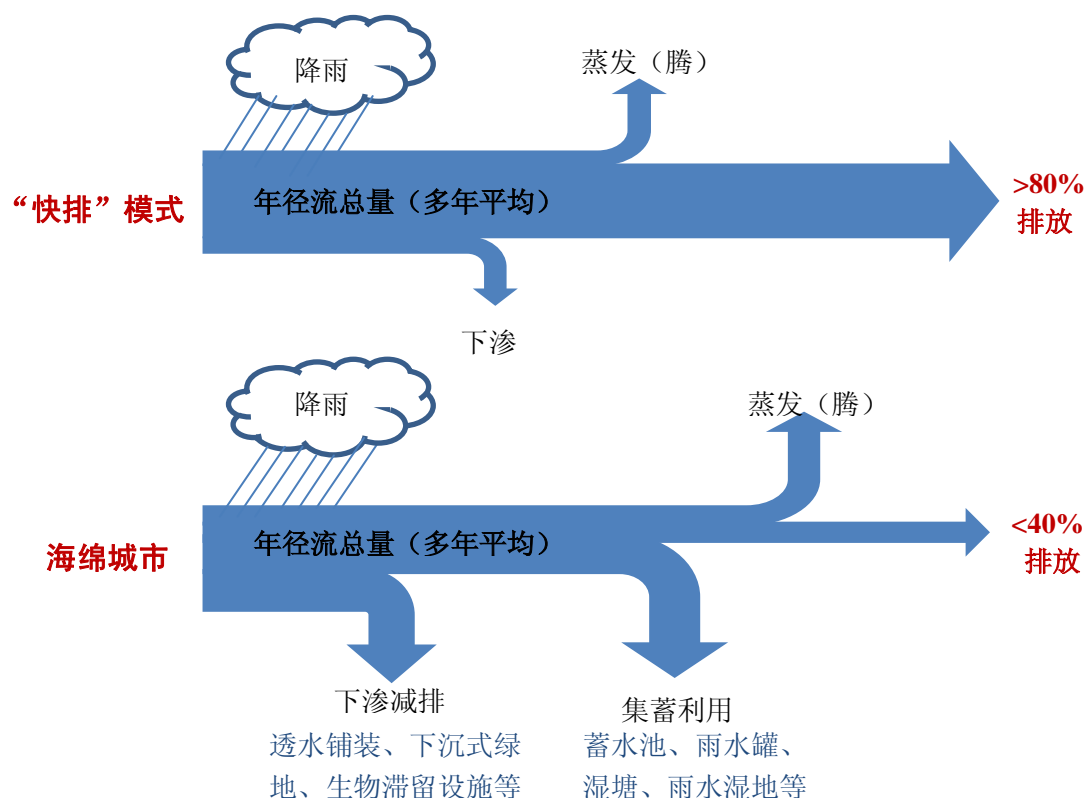


图 3-2 年径流总量控制率概念示意图

实践中，各地在确定年径流总量控制率时，需要综合考虑多方面因素。一方面，开发建设前的径流排放量与地表类型、土壤性质、地形地貌、植被覆盖率等因素有关，应通过分析综合确定开发前的径流排放量，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。

(2) 年径流总量控制率分区

我国地域辽阔，气候特征、土壤地质等天然条件和经济条件差异较大，径流总量控制目标也不同。在雨水资源化利用需求较大的西部干旱半干旱地区，以及

有特殊排水防涝要求的区域，可根据经济发展条件适当提高径流总量控制目标；对于广西、广东及海南等部分沿海地区，由于极端暴雨较多导致设计降雨量统计值偏差较大，造成投资效益及低影响开发设施利用效率不高，可适当降低径流总量控制目标。

因此，本指南未对年径流总量控制率提出统一的要求。对我国近 200 个城市 1983-2012 年日降雨量统计分析，分别得到各城市年径流总量控制率及其对应的设计降雨量值关系。基于上述数据分析，本指南将我国大陆地区大致分为五个区，并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 3-3 所示。各地应参照此限值，因地制宜的确定本地区径流总量控制目标。

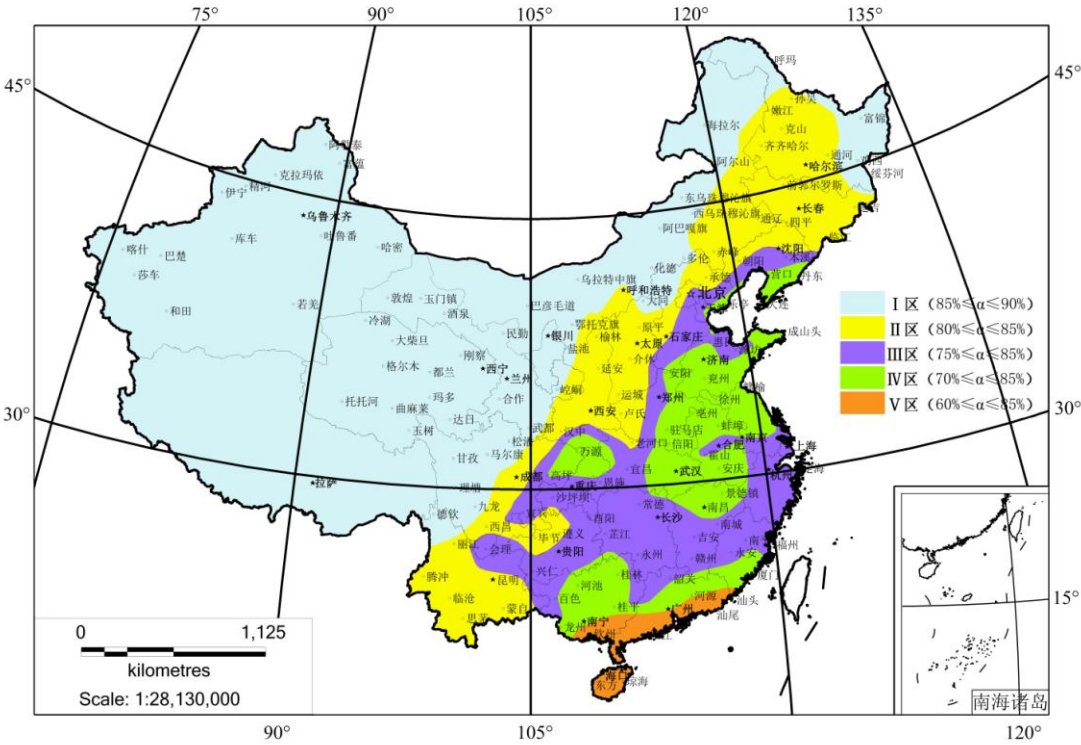


图 3-3 我国大陆地区年径流总量控制率分区图

(3) 目标落实途径

各地城市规划、建设过程中，可将年径流总量控制率目标分解为单位面积控制容积，以其作为综合控制指标来落实径流总量控制目标（方法见本章第四节）。

径流总量控制途径包括：雨水的下渗减排和直接集蓄利用。缺水地区可结合实际情况制定基于直接集蓄利用的雨水资源化利用目标。雨水资源化利用一般应

作为落实径流总量控制目标的一部分。实施过程中，雨水下渗减排和资源化利用的比例需依据实际情况，通过合理的技术经济比较来确定。

2.2 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。

2.3 径流污染控制目标

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

城市径流污染物中，SS 往往与其他污染物指标具有一定的相关性，因此，一般可采用 SS 作为径流污染物控制指标，低影响开发雨水系统的年 SS 总量去除率一般可达到 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。

城市或开发区域年 SS 总量去除率，可通过不同区域、地块的年 SS 总量去除率经年径流总量（年均降雨量×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。

2.4 控制目标的选择

各地应根据当地降雨特征、水文地质条件、径流污染状况、内涝风险控制要求和雨水资源化利用需求等，并结合当地水环境突出问题、经济合理性等因素，有所侧重地确定低影响开发径流控制目标。

（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。

第三节 规划中低影响开发控制目标的落实

1 规划原则

（1）**保护性开发** 城市建设过程中应保护河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等水生态敏感区，并结合这些区域及周边条件（如坡地、洼地、水体、绿地等）进行低影响开发雨水系统规划设计。

（2）**水文干扰最小化** 优先通过分散、生态的低影响开发设施实现径流总量控制、径流峰值控制、径流污染控制、雨水资源化利用等目标，防止城镇化区域的河道侵蚀、水土流失、水体污染等。

（3）**统筹协调** 低影响开发雨水系统建设内容应纳入城市总体规划、水系规划、绿地系统规划、排水防涝规划、道路交通规划等相关规划中，各规划中有关低影响开发的建设内容应相互协调与衔接。

2 城市总体规划

城市总体规划（含分区规划）应结合所在地区的实际情况，开展低影响开发的相关专题研究，在绿地率、水域面积率等相关指标基础上，增加年径流总量控制率等指标，纳入城市总体规划。具体要点如下：

（1）保护水生态敏感区。 应将河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等水生态敏感区纳入城市规划区中的非建设用地（禁建区、限建区）范围，划定城市蓝线，并与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相衔接。

（2）集约开发利用土地。 合理确定城市空间增长边界和城市规模，防止城市无序化蔓延，提倡集约型开发模式，保障城市生态空间。

（3）合理控制不透水面积。 合理设定不同性质用地的绿地率、透水铺装率等指标，防止土地大面积硬化。

（4）合理控制地表径流。 根据地形和汇水分区特点，合理确定雨水排水分区和排水出路，保护和修复自然径流通道，延长汇流路径，优先采用雨水花园、湿塘、雨水湿地等低影响开发设施控制径流雨水。

（5）明确低影响开发策略和重点建设区域。 应根据城市的水文地质条件、用地性质、功能布局及近远期发展目标，综合经济发展水平等其他因素提出城市低影响开发策略及重点建设区域，并明确重点建设区域的年径流总量控制率目标（详见本章第二节和第四节）。

3 专项规划

3.1 城市水系规划

城市水系是城市生态环境的重要组成部分，也是城市径流雨水自然排放的重要通道、容纳体及调蓄空间，与低影响开发雨水系统联系紧密。具体要点如下：

（1）依据城市总体规划划定城市水域、岸线、滨水区，明确水系保护范围。 城市开发建设过程中应落实城市总体规划明确的水生态敏感区保护要求，划定水生态敏感区范围并加强保护，确保开发建设后的水域面积应不小于开发前，已破坏的水系应逐步恢复。

（2）保持城市水系结构的完整性，优化城市河湖水系布局，实现自然、有序排放与调蓄。 城市水系规划应尽量保护与强化其对径流雨水的自然渗透、净化与调蓄功能，优化城市河道（自然排放通道）、湿地（自然净化区域）、湖泊（调蓄空间）布局与衔接，并与城市总体规划、排水防涝规划同步协调。

(3) 优化水域、岸线、滨水区及周边绿地布局，明确低影响开发控制指标。城市水系规划应根据河湖水系汇水范围，同步优化、调整蓝线周边绿地系统布局及空间规模，并衔接控制性详细规划，明确水系及周边地块低影响开发控制指标。

3.2 城市绿地系统专项规划

城市绿地是建设海绵城市、构建低影响开发雨水系统的重要场地。城市绿地系统规划应明确低影响开发控制目标，在满足绿地生态、景观、游憩和其他基本功能的前提下，合理地预留或创造空间条件，对绿地自身及周边硬化区域的径流进行渗透、调蓄、净化，并与城市雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统相衔接，要点如下：

(1) 提出不同类型绿地的低影响开发控制目标和指标。根据绿地的类型和特点，明确公园绿地、附属绿地、生产绿地、防护绿地等各类绿地低影响开发规划建设目标、控制指标（如下沉式绿地率及其下沉深度等）和适用的低影响开发设施类型。

(2) 合理确定城市绿地系统低影响开发设施的规模和布局。应统筹水生态敏感区、生态空间和绿地空间布局，落实低影响开发设施的规模和布局，充分发挥绿地的渗透、调蓄和净化功能。

(3) 城市绿地应与周边汇水区域有效衔接。在明确周边汇水区域汇入水量，提出预处理、溢流衔接等保障措施的基础上，通过平面布局、地形控制、土壤改良等多种方式，将低影响开发设施融入到绿地规划设计中，尽量满足周边雨水汇入绿地进行调蓄的要求。

(4) 应符合园林植物种植及园林绿化养护管理技术要求。可通过合理设置绿地下沉深度和溢流口、局部换土或改良增强土壤渗透性能、选择适宜乡土植物和耐淹植物等方法，避免植物受到长时间浸泡而影响正常生长，影响景观效果。

(5) 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，在径流雨水进入绿地前将部分污染物进行截流净化。

(6) 充分利用多功能调蓄设施调控排放径流雨水。有条件地区可因地制宜规划布局占地面积较大的低影响开发设施，如湿塘、雨水湿地等，通过多功能调蓄的方式，对较大重现期的降雨进行调蓄排放。

3.3 城市排水防涝综合规划

低影响开发雨水系统是城市内涝防治综合体系的重要组成部分，应与城市雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统同步规划设计。城市排水系统规划、排水防涝综合规划等相关排水规划中，应结合当地条件确定低影响开发控制目标与建设内容，并满足《城市排水工程规划规范》（GB50318）、《室外排水设计规范》（GB50014）等相关要求，要点如下：

（1）明确低影响开发径流总量控制目标与指标。通过对排水系统总体评估、内涝风险评估等，明确低影响开发雨水系统径流总量控制目标，并与城市总体规划、详细规划中低影响开发雨水系统的控制目标相衔接，将控制目标分解为单位面积控制容积等控制指标，通过建设项目的管控制度进行落实。

（2）确定径流污染控制目标及防治方式。应通过评估、分析径流污染对城市水环境污染的贡献率，根据城市水环境的要求，结合悬浮物（SS）等径流污染物控制要求确定年径流总量控制率，同时明确径流污染控制方式并合理选择低影响开发设施。

（3）明确雨水资源化利用目标及方式。应根据当地水资源条件及雨水回用需求，确定雨水资源化利用的总量、用途、方式和设施。

（4）与城市雨水管渠系统及超标雨水径流排放系统有效衔接。应最大限度地发挥低影响开发雨水系统对径流雨水的渗透、调蓄、净化等作用，低影响开发设施的溢流应与城市雨水管渠系统或超标雨水径流排放系统衔接。城市雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统应与低影响开发系统同步规划设计，应按照《城市排水工程规划规范》（GB50318）、《室外排水设计规范》（GB50014）等规范相应重现期设计标准进行规划设计。

（5）优化低影响开发设施的竖向与平面布局。应利用城市绿地、广场、道路等公共开放空间，在满足各类用地主导功能的基础上合理布局低影响开发设施；其他建设用地应明确低影响开发控制目标与指标，并衔接其他内涝防治设施的平面布局与竖向，共同组成内涝防治系统。

3.4 城市道路交通专项规划

城市道路是径流及其污染物产生的主要场所之一，城市道路交通专项规划应落实低影响开发理念及控制目标，减少道路径流及污染物外排量，要点如下：

(1) 提出各等级道路低影响开发控制目标。应在满足道路交通安全等基本功能的基础上,充分利用城市道路自身及周边绿地空间落实低影响开发设施,结合道路横断面和排水方向,利用不同等级道路的绿化带、车行道、人行道和停车场建设下沉式绿地、植草沟、雨水湿地、透水铺装、渗管/渠等低影响开发设施,通过渗透、调蓄、净化方式,实现道路低影响开发控制目标。

(2) 协调道路红线内外用地空间布局与竖向。道路红线内绿化带不足,不能实现低影响开发控制目标要求时,可由政府主管部门协调道路红线内外用地布局与竖向,综合达到道路及周边地块的低影响开发控制目标。道路红线内绿地及开放空间在满足景观效果和交通安全要求的基础上,应充分考虑承接道路雨水汇入的功能,通过建设下沉式绿地、透水铺装等低影响开发设施,提高道路径流污染及总量等控制能力。

(3) 道路交通规划应体现低影响开发设施。涵盖城市道路横断面、纵断面设计的专项规划,应在相应图纸中表达低影响开发设施的基本选型及布局等内容,并合理确定低影响开发雨水系统与城市道路设施的空间衔接关系。

有条件的地区应编制专门的道路低影响开发设施规划设计指引,明确各层级城市道路(快速路、主干路、次干路、支路)的低影响开发控制指标和控制要点,以指导道路低影响开发相关规划和设计。

4 控制性详细规划

控制性详细规划应协调相关专业,通过土地利用空间优化等方法,分解和细化城市总体规划及相关专项规划等上层级规划中提出的低影响开发控制目标及要求,结合建筑密度、绿地率等约束性控制指标,提出各地块的单位面积控制容积、下沉式绿地率及其下沉深度、透水铺装率、绿色屋顶率等控制指标,纳入地块规划设计要点,并作为土地开发建设的规划设计条件(指标分解流程详见本章第四节),要点如下:

(1) 明确各地块的低影响开发控制指标。控制性详细规划应在城市总体规划或各专项规划确定的低影响开发控制目标(年径流总量控制率及其对应的设计降雨量)指导下,根据城市用地分类(R 居住用地、A 公共管理与公共服务用地、B 商业服务业设施用地、M 工业用地、W 物流仓储用地、S 交通设施用地、U 公用设施用地、G 绿地)的比例和特点进行分类分解,细化各地块的低影响开发控

制指标（方法详见本章第四节）。地块的低影响开发控制指标可按城市建设类型（已建区、新建区、改造区）、不同排水分区或流域等分区制定。有条件的控制性详细规划也可通过水文计算与模型模拟，优化并明确地块的低影响开发控制指标。

（2）合理组织地表径流。 统筹协调开发场地内建筑、道路、绿地、水系等布局和竖向，使地块及道路径流有组织地汇入周边绿地系统和城市水系，并与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统相衔接，充分发挥低影响开发设施的作用。

（3）统筹落实和衔接各类低影响开发设施。 根据各地块低影响开发控制指标，合理确定地块内的低影响开发设施类型及其规模，做好不同地块之间低影响开发设施之间的衔接，合理布局规划区内占地面积较大的低影响开发设施。

5 修建性详细规划

修建性详细规划应按照控制性详细规划的约束条件，绿地、建筑、排水、结构、道路等相关专业相互配合，采取有利于促进建筑与环境可持续发展的设计方案，落实具体的低影响开发设施的类型、布局、规模、建设时序、资金安排等，确保地块开发实现低影响开发控制目标。

细化、落实上位规划确定的低影响开发控制指标。可通过水文、水力计算或模型模拟，明确建设项目的控制模式、比例及量值（下渗、储存、调节及弃流排放），以指导地块开发建设。

第四节 低影响开发雨水系统构建技术路线

1 技术框架

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 3-4 所示。

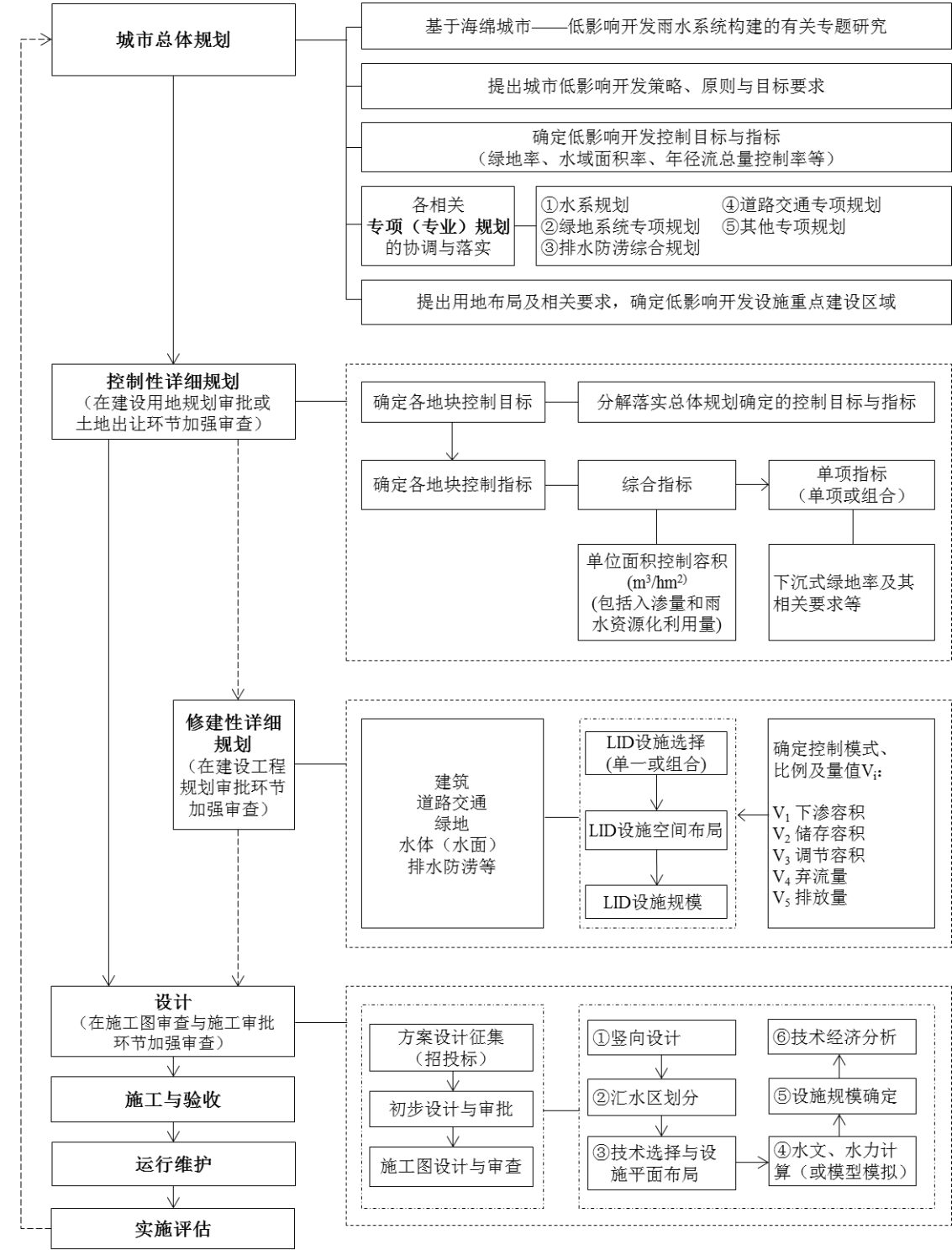


图 3-4 海绵城市——低影响开发雨水系统构建技术框架

具体落实时的几个关键技术环节如下：

(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（详见本节 2 控制指标分解方法）。

(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，保护雨水受纳体，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，主要包括透水铺装、生物滞留设施、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（具体方法见第四章第八节）。

2 控制指标分解方法

根据海绵城市——低影响开发雨水系统构建技术框架，各地应结合当地水文特点及建设水平，构建适宜并有效衔接的低影响开发控制指标体系。低影响开发雨水系统控制指标的选择应根据建筑密度、绿地率、水域面积率等既有规划控制指标及土地利用布局、当地水文、水环境等条件合理确定，可选择单项或组合控制指标，有条件的城市（新区）可通过编制基于低影响开发理念的雨水控制与利用专项规划，最终落实到用地条件或建设项目设计要点中，作为土地开发的约束条件。低影响开发控制指标及分解方法如表 3-1 所示。

表 3-1 低影响开发控制指标及分解方法

规划层级	控制目标与指标	赋值方法
城市总体规划、专项（专业）规划	控制目标 年径流总量控制率及其对应的设计降雨量	年径流总量控制率目标选择详见本章第二节，可通过统计分析计算（或查附录 2）得到年径流控制率及其对应的设计降雨量。
详细规划	综合指标： 单位面积控制容积	根据总体规划阶段提出的年径流总量控制率目标，结合各地块绿地率等控制指标，参照式（4-1）计算各地块的综合指标—单位面积控制容积。
	单项指标： 1、下沉式绿地率及其下沉深度 2、透水铺装率 3、绿色屋顶率 4、其他	根据各地块的具体条件，通过技术经济分析，合理选择单项或组合控制指标，并对指标进行合理分配。指标分解方法： 方法 1：根据控制目标和综合指标进行试算分解； 方法 2：模型模拟。

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

- 2 透水铺装率=透水铺装面积/硬化地面总面积；
- 3 绿色屋顶率=绿色屋顶面积/建筑屋顶总面积。

有条件的城市可通过水文、水力计算与模型模拟等方法对年径流总量控制率目标进行逐层分解；暂不具备条件的城市，可结合当地气候、水文地质等特点，

汇水面种类及其构成等条件，通过加权平均的方法试算进行分解。

控制目标分解方法如下：

（1）确定城市总体规划阶段提出的年径流总量控制率目标（参照本章第二节）；

（2）根据城市控制性详细规划阶段提出的各地块绿地率、建筑密度等规划控制指标，初步提出各地块的低影响开发控制指标，可采用下沉式绿地率及其下沉深度、透水铺装率、绿色屋顶率、其他调蓄容积等单项或组合控制指标；

（3）参照第四章第八节的计算方法，分别得到各地块低影响开发设施的总调蓄容积；

（4）按照第四章第八节表 4-3，通过加权计算得到各地块的综合雨量径流系数，并结合上述（3）得到的总调蓄容积，参照式（4-1）确定各地块低影响开发雨水系统的设计降雨量；

（5）对照统计分析法计算出的年径流总量控制率与设计降雨量的关系（或查附录 2）确定各地块低影响开发雨水系统的年径流总量控制率；

（6）各地块低影响开发雨水系统的年径流总量控制率经汇水面积与各地块综合雨量径流系数的乘积加权平均，得到城市规划范围低影响开发雨水系统的年径流总量控制率；

（7）重复（2）-（6），直到满足城市总体规划阶段提出的年径流总量控制率目标要求，最终得到各地块的低影响开发设施的总调蓄容积，以及对应的下沉式绿地率及其下沉深度、透水铺装率、绿色屋顶率、其他调蓄容积等单项或组合控制指标，并参照式（4-1）将各地块中低影响开发设施的总调蓄容积换算为“单位面积控制容积”作为综合控制指标。特别注意，本计算过程中的调蓄容积不包括用于削减峰值流量的调节容积；

（8）对于径流总量大、红线内绿地及其他调蓄空间不足的用地，需统筹周边用地内的调蓄空间共同承担其径流总量控制目标时（如城市绿地用于消纳周边道路和地块内径流雨水），可将相关用地作为一个整体，并参照以上方法计算相关用地整体的年径流总量控制率后，参与后续计算。

第四章 设计

第一节 基本要求

城市建筑与小区、道路、绿地与广场、水系低影响开发雨水系统建设项目，应以相关职能主管部门、企事业单位作为责任主体，落实有关低影响开发雨水系统的设计。城市规划建设相关部门应在城市规划、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建设情况的审查。

适宜作为低影响开发雨水系统构建载体的新建、改建、扩建项目，应在园林、道路交通、排水、建筑等各专业设计方案中明确体现低影响开发雨水系统的设计内容，落实低影响开发控制目标。

第二节 设计程序

低影响开发雨水系统的一般设计流程见图 4-1。

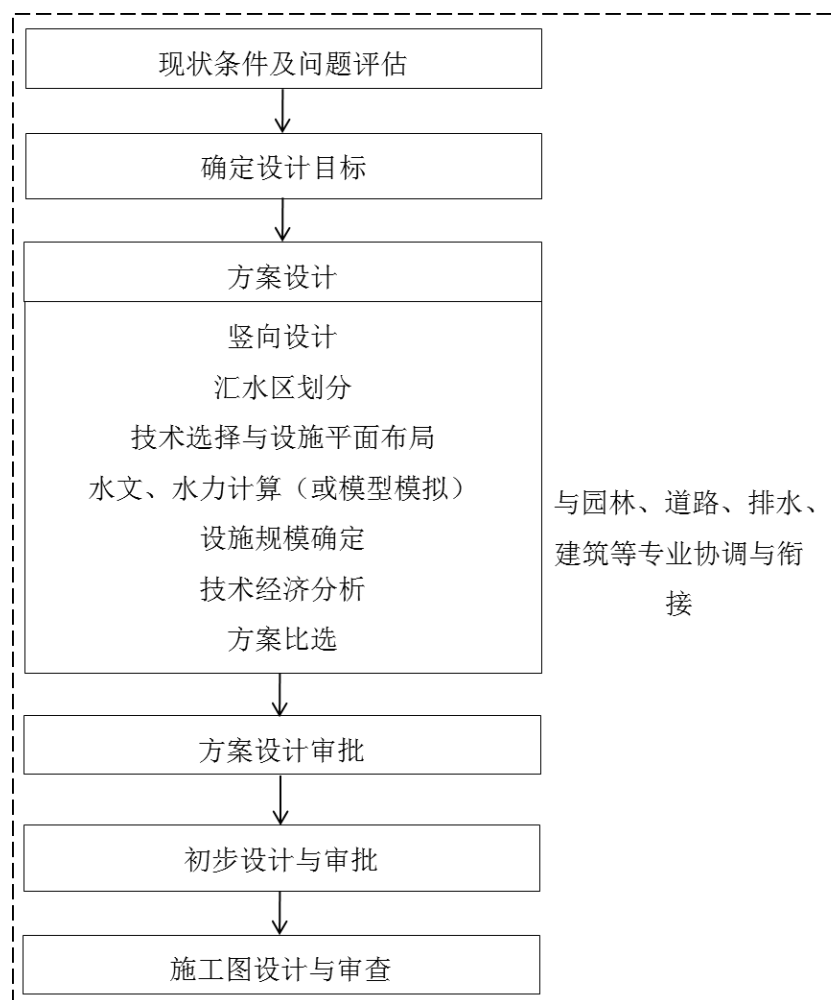


图 4-1 低影响开发雨水系统设计流程

(1) 低影响开发雨水系统的设计目标应满足城市总体规划、专项规划等相关规划提出的低影响开发控制目标与指标要求，并结合气候、土壤及土地利用等条件，合理选择单项或组合的以雨水渗透、储存、调节等为主要功能的技术及设施（详见本章第七节）。

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

(3) 低影响开发雨水系统设计的各阶段均应体现低影响开发设施的平面布局、竖向、构造，及其与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统的衔接关系等内容。

(4) 低影响开发雨水系统的设计与审查（规划总图审查、方案及施工图审查）应与园林绿化、道路交通、排水、建筑等专业相协调。

第三节 建筑与小区

建筑屋面和小区路面径流雨水应通过有组织的汇流与转输，经截污等预处理后引入绿地内的以雨水渗透、储存、调节等为主要功能的低影响开发设施。因空间限制等原因不能满足控制目标的建筑与小区，径流雨水还可通过城市雨水管渠系统引入城市绿地与广场内的低影响开发设施（见本章第五节）。低影响开发设施的选择应因地制宜、经济有效、方便易行，如结合小区绿地和景观水体优先设计生物滞留设施、渗井、湿塘和雨水湿地等。建筑与小区低影响开发雨水系统典型流程如图 4-2 所示。

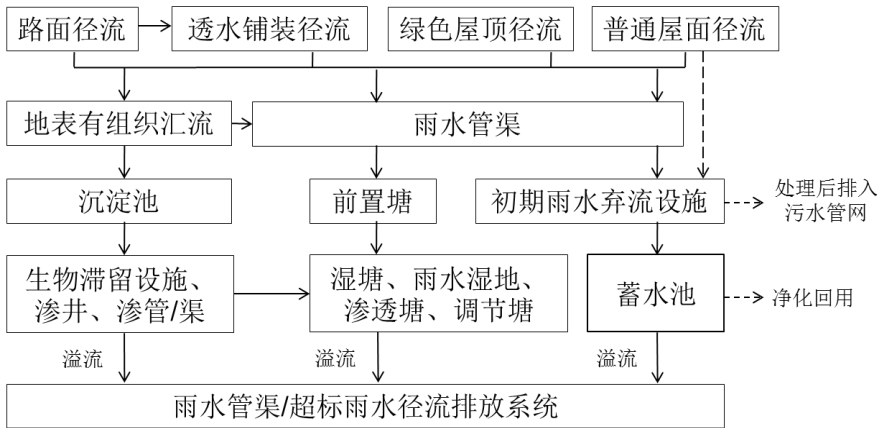


图 4-2 建筑与小区低影响开发雨水系统典型流程示例

1 场地设计

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

(2) 应优化不透水硬化面与绿地空间布局，建筑、广场、道路周边宜布置可消纳径流雨水的绿地。建筑、道路、绿地等竖向设计应有利于径流汇入低影响开发设施。

(3) 低影响开发设施的选择除生物滞留设施、雨水罐、渗井等小型、分散的低影响开发设施外，还可结合集中绿地设计渗透塘、湿塘、雨水湿地等相对集中的低影响开发设施，并衔接整体场地竖向与排水设计。

(4) 景观水体补水、循环冷却水补水及绿化灌溉、道路浇洒用水的非传统水源宜优先选择雨水。按绿色建筑标准设计的建筑与小区，其非传统水源利用率应满足《绿色建筑评价标准》(GB/T50378)的要求，其他建筑与小区宜参照该标准执行。

(5) 有景观水体的小区，景观水体应具备雨水调蓄功能，景观水体的规模应根据降雨规律、水面蒸发量、雨水回用量等，通过全年水量平衡分析确定（详见第四章第八节）。

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

2 建筑

(1) 屋顶坡度较小的建筑可采用绿色屋顶，绿色屋顶的设计应符合《屋面工程技术规范》(GB50345)的规定。

(2) 宜采取雨落管断接或设置集水井等方式将屋面雨水断接并引入周边绿地内小型、分散的低影响开发设施，或通过植草沟、雨水管渠将雨水引入场地内的集中调蓄设施。

(3) 建筑材料也是径流雨水水质的重要影响因素，应优先选择对径流雨水水质没有影响或影响较小的建筑屋面及外装饰材料。

(4) 水资源紧缺地区可考虑优先将屋面雨水进行集蓄回用，净化工艺应根据回用水水质要求和径流雨水水质确定。雨水储存设施可结合现场情况选用雨水

罐、地上或地下蓄水池等设施。当建筑层高不同时，可将雨水集蓄设施设置在较低楼层的屋面上，收集较高楼层建筑屋面的径流雨水，从而借助重力供水而节省能量。

(5) 应限制地下空间的过度开发，为雨水回补地下水提供渗透路径。

3 小区道路

(1) 道路横断面设计应优化道路横坡坡向、路面与道路绿化带及周边绿地的竖向关系等，便于径流雨水汇入绿地内低影响开发设施。

(2) 路面排水宜采用生态排水的方式。路面雨水首先汇入道路绿化带及周边绿地内的低影响开发设施，并通过设施内的溢流排放系统与其他低影响开发设施或城市雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统相衔接。

(3) 路面宜采用透水铺装，透水铺装路面设计应满足路基路面强度和稳定性等要求。

4 小区绿化

(1) 绿地在满足改善生态环境、美化公共空间、为居民提供游憩场地等基本功能的前提下，应结合绿地规模与竖向设计，在绿地内设计可消纳屋面、路面、广场及停车场径流雨水的低影响开发设施，并通过溢流排放系统与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统有效衔接。

(2) 道路径流雨水进入绿地内的低影响开发设施前，应利用沉淀池、前置塘等对进入绿地内的径流雨水进行预处理，防止径流雨水对绿地环境造成破坏。有降雪的城市还应采取措施对含融雪剂的融雪水进行弃流，弃流的融雪水宜经处理（如沉淀等）后排入市政污水管网。

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

第四节 城市道路

城市道路径流雨水应通过有组织的汇流与转输，经截污等预处理后引入道路红线内、外绿地内，并通过设置在绿地内的以雨水渗透、储存、调节等为主要功能的低影响开发设施进行处理。低影响开发设施的选择应因地制宜、经济有效、方便易行，如结合道路绿化带和道路红线外绿地优先设计下沉式绿地、生物滞留带、雨水湿地等。城市道路低影响开发雨水系统典型流程如图 4-3 所示。

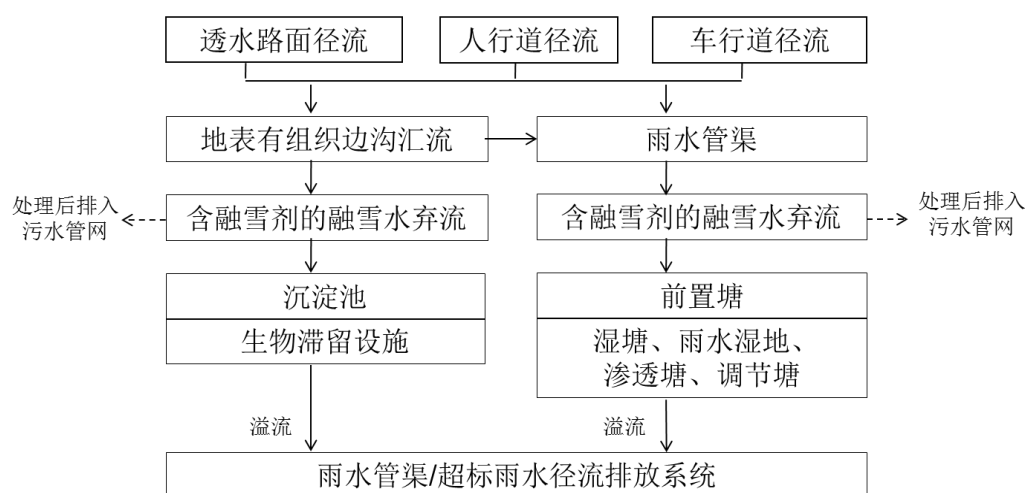


图4-3 城市道路低影响开发雨水系统典型流程示例

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

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

(3) 道路横断面设计应优化道路横坡坡向、路面与道路绿化带及周边绿地的竖向关系等,便于径流雨水汇入低影响开发设施。

(4) 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满足相应的设计要求,并与区域整体内涝防治系统相衔接。

(5) 路面排水宜采用生态排水的方式,也可利用道路及周边公共用地的地下空间设计调蓄设施。路面雨水宜首先汇入道路红线内绿化带,当红线内绿地空间不足时,可由政府主管部门协调,将道路雨水引入道路红线外城市绿地内的低影响开发设施进行消纳。当红线内绿地空间充足时,也可利用红线内低影响开发设施消纳红线外空间的径流雨水。低影响开发设施应通过溢流排放系统与城市雨水管渠系统相衔接,保证上下游排水系统的顺畅。

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

(7) 城市道路经过或穿越水源保护区时,应在道路两侧或雨水管渠下游设计雨水应急处理及储存设施。雨水应急处理及储存设施的设置,应具有截污与防

止事故情况下泄露的有毒有害化学物质进入水源保护地的功能,可采用地上式或地下式。

(8) 道路径流雨水进入道路红线内外绿地内的低影响开发设施前, 应利用沉淀池、前置塘等对进入绿地内的径流雨水进行预处理, 防止径流雨水对绿地环境造成破坏。有降雪的城市还应采取措施对含融雪剂的融雪水进行弃流, 弃流的融雪水宜经处理(如沉淀等)后排入市政污水管网。

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

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

第五节 城市绿地与广场

城市绿地、广场及周边区域径流雨水应通过有组织的汇流与转输, 经截污等预处理后引入城市绿地内的以雨水渗透、储存、调节等为主要功能的低影响开发设施, 消纳自身及周边区域径流雨水, 并衔接区域内的雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统, 提高区域内涝防治能力。低影响开发设施的选择应因地制宜、经济有效、方便易行, 如湿地公园和有景观水体的城市绿地与广场宜设计雨水湿地、湿塘等。城市绿地与广场低影响开发雨水系统典型流程如图4-4所示。

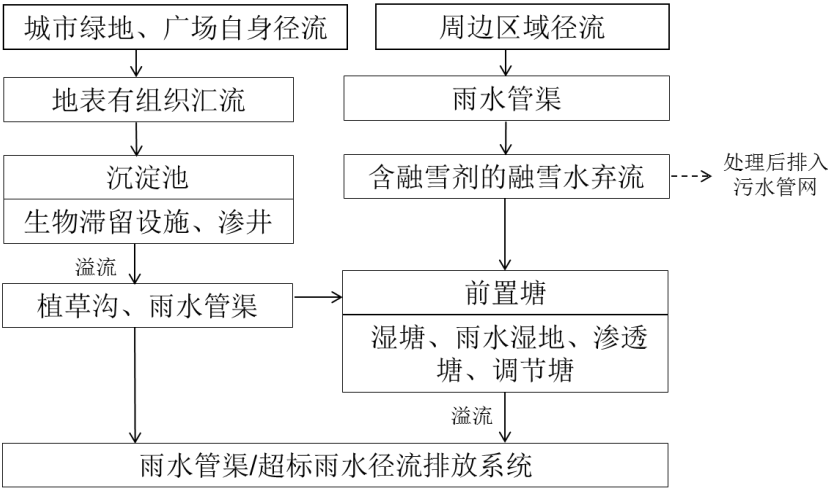


图4-4 城市绿地与广场低影响开发雨水系统典型流程示例

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

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

(3) 城市湿地公园、城市绿地中的景观水体等宜具有雨水调蓄功能，通过雨水湿地、湿塘等集中调蓄设施，消纳自身及周边区域的径流雨水，构建多功能调蓄水体/湿地公园，并通过调蓄设施的溢流排放系统与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统相衔接。

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

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

(6) 应限制地下空间的过度开发，为雨水回补地下水提供渗透路径。

(7) 周边区域径流雨水进入城市绿地与广场内的低影响开发设施前，应利用沉淀池、前置塘等对进入绿地内的径流雨水进行预处理，防止径流雨水对绿地环境造成破坏。有降雪的城市还应采取措施对含融雪剂的融雪水进行弃流，弃流的融雪水宜经处理（如沉淀等）后排入市政污水管网。

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

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

第六节 城市水系

城市水系在城市排水、防涝、防洪及改善城市生态环境中发挥着重要作用，是城市水循环过程中的重要环节，湿塘、雨水湿地等低影响开发末端调蓄设施也是城市水系的重要组成部分，同时城市水系也是超标雨水径流排放系统的重要组成部分。

城市水系设计应根据其功能定位、水体现状、岸线利用现状及滨水区现状等，进行合理保护、利用和改造，在满足雨洪行泄等功能条件下，实现相关规划提出的低影响开发控制目标及指标要求，并与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统有效衔接。城市水系低影响开发雨水系统典型流程如图 4-5 所示。

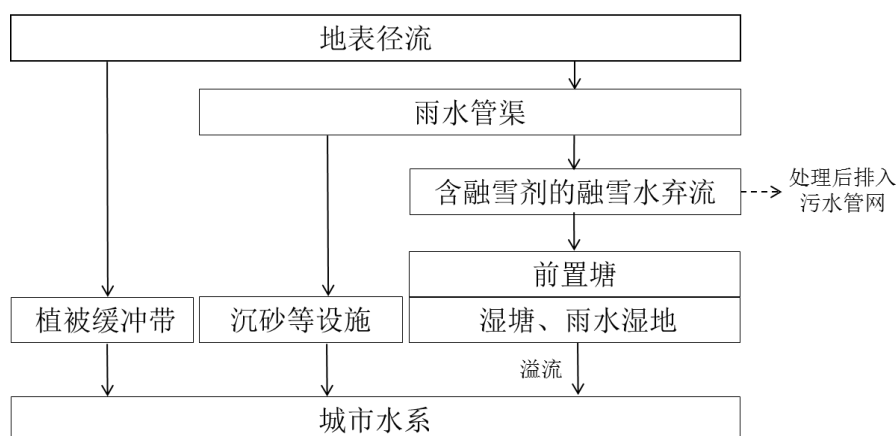


图4-5 城市水系低影响开发雨水系统典型流程示例

（1）应根据城市水系的功能定位、水体水质等级与达标率、保护或改善水质的制约因素与有利条件、水系利用现状及存在问题等因素，合理确定城市水系的保护与改造方案，使其满足相关规划提出的低影响开发控制目标与指标要求。

（2）应保护现状河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等城市自然水体。

（3）应充分利用城市自然水体设计湿塘、雨水湿地等具有雨水调蓄与净化功能的低影响开发设施，湿塘、雨水湿地的布局、调蓄水位等应与城市上游雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统及下游水系相衔接。

（4）规划建设新的水体或扩大现有水体的水域面积，应与低影响开发雨水系统的控制目标相协调，增加的水域宜具有雨水调蓄功能。

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

（6）滨水绿化控制线范围内的绿化带接纳相邻城市道路等不透水面的径流雨水时，应设计为植被缓冲带，以削减径流流速和污染负荷。

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

（8）地表径流雨水进入滨水绿化控制线范围内的低影响开发设施前，应利用沉淀池、前置塘等对进入绿地内的径流雨水进行预处理，防止径流雨水对绿地环境造成破坏。有降雪的城市还应采取措施对含融雪剂的融雪水进行弃流，弃流的融雪水宜经处理（如沉淀等）后排入市政污水管网。

（9）低影响开发设施内植物宜根据水分条件、径流雨水水质等进行选择，

宜选择耐盐、耐淹、耐污等能力较强的乡土植物。

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

第七节 技术选择

1 技术类型

低影响开发技术按主要功能一般可分为渗透、储存、调节、转输、截污净化等几类。通过各类技术的组合应用,可实现径流总量控制、径流峰值控制、径流污染控制、雨水资源化利用等目标。实践中,应结合不同区域水文地质、水资源等特点及技术经济分析,按照因地制宜和经济高效的原则选择低影响开发技术及其组合系统。

2 单项设施

各类低影响开发技术又包含若干不同形式的低影响开发设施,主要有透水铺装、绿色屋顶、下沉式绿地、生物滞留设施、渗透塘、渗井、湿塘、雨水湿地、蓄水池、雨水罐、调节塘、调节池、植草沟、渗管/渠、植被缓冲带、初期雨水弃流设施、人工土壤渗滤等。

低影响开发单项设施往往具有多个功能,如生物滞留设施的功能除渗透补充地下水外,还可削减峰值流量、净化雨水,实现径流总量、径流峰值和径流污染控制等多重目标。因此应根据设计目标灵活选用低影响开发设施及其组合系统,根据主要功能按相应的方法进行设施规模计算(详见本章第八节),并对单项设施及其组合系统的设施选型和规模进行优化。

2.1 透水铺装

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

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

(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) 土地透水能力有限时，应在透水铺装的透水基层内设置排水管或排水板。

(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 600 mm，并应设置排水层。

透水砖铺装典型构造如图 4-6 所示。

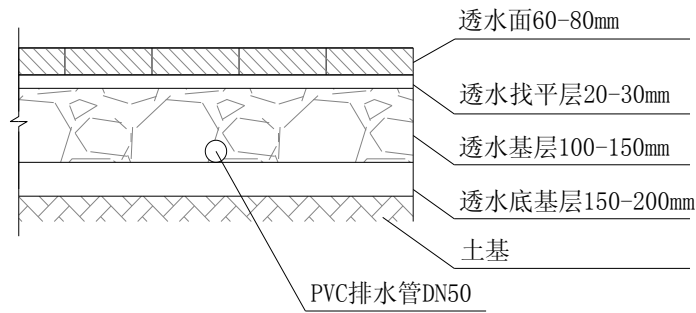


图 4-6 透水砖铺装典型结构示意图

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

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

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

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

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

2.2 绿色屋顶

概念与构造 绿色屋顶也称种植屋面、屋顶绿化等，根据种植基质深度和景观复杂程度，绿色屋顶又分为简单式和花园式，基质深度根据植物需求及屋顶荷载确定，简单式绿色屋顶的基质深度一般不大于 150 mm，花园式绿色屋顶在种植乔木时基质深度可超过 600 mm，绿色屋顶的设计可参考《种植屋面工程技术规程》(JGJ155)。绿色屋顶的典型构造如图 4-7 所示。

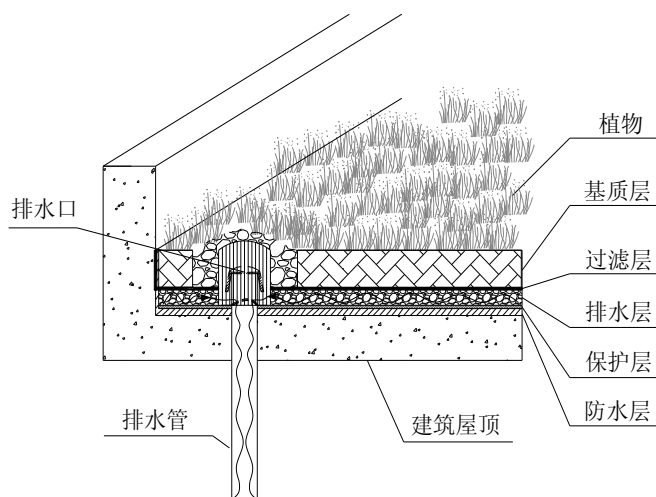


图 4-7 绿色屋顶典型构造示意图

适用性 绿色屋顶适用于符合屋顶荷载、防水等条件的平屋顶建筑和坡度 $\leq 15^\circ$ 的坡屋顶建筑。

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

2.3 下沉式绿地

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

狭义的下沉式绿地应满足以下要求：

（1）下沉式绿地的下凹深度应根据植物耐淹性能和土壤渗透性能确定，一般为 100-200 mm。

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

狭义的下沉式绿地典型构造如图 4-8 所示。

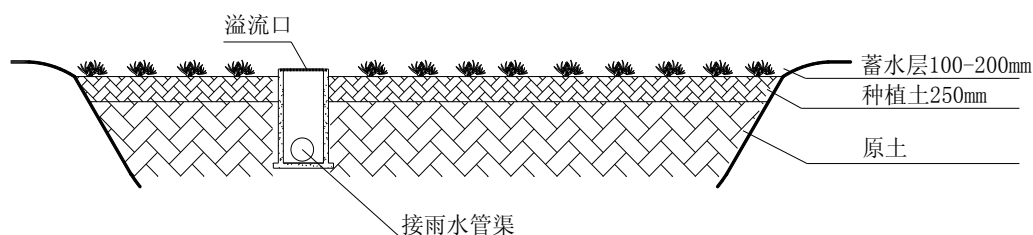


图 4-8 狭义的下沉式绿地典型构造示意图

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

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

2.4 生物滞留设施

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

生物滞留设施应满足以下要求：

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

（2）屋面径流雨水可由雨落管接入生物滞留设施，道路径流雨水可通过路缘石豁口进入，路缘石豁口尺寸和数量应根据道路纵坡等经计算确定。

（3）生物滞留设施应用于道路绿化带时，若道路纵坡大于 1%，应设置挡水堰/台坎，以减缓流速并增加雨水渗透量；设施靠近路基部分应进行防渗处理，防止对道路路基稳定性造成影响。

（4）生物滞留设施内应设置溢流设施，可采用溢流竖管、盖篦溢流井或雨

水口等，溢流设施顶一般应低于汇水面 100 mm。

（5）生物滞留设施宜分散布置且规模不宜过大，生物滞留设施面积与汇水面面积之比一般为 5%-10%。

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

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

简易型和复杂型生物滞留设施典型构造如图 4-9、4-10 所示。

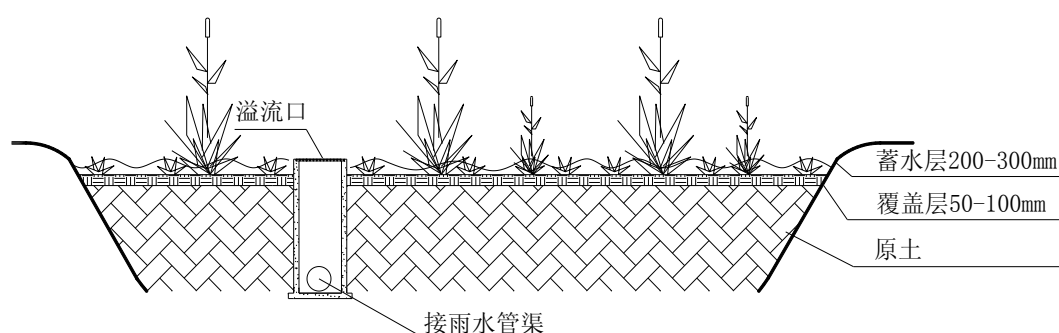


图 4-9 简易型生物滞留设施典型构造示意图

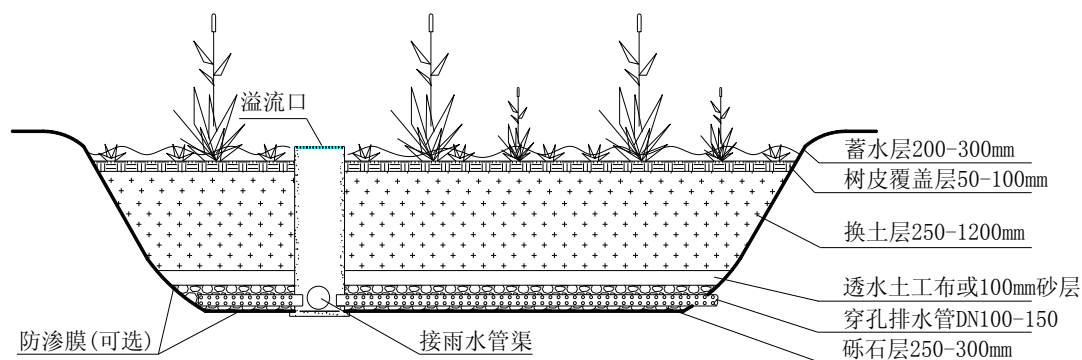


图 4-10 复杂型生物滞留设施典型构造示意图

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

对于径流污染严重、设施底部渗透面距离季节性最高地下水位或岩石层小于 1 m 及距离建筑物基础小于 3 m（水平距离）的区域，可采用底部防渗的复杂型生物滞留设施。

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

2.5 渗透塘

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

渗透塘应满足以下要求：

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

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

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

（4）渗透塘排空时间不应大于 24 h。

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

渗透塘典型构造如图 4-11 所示。

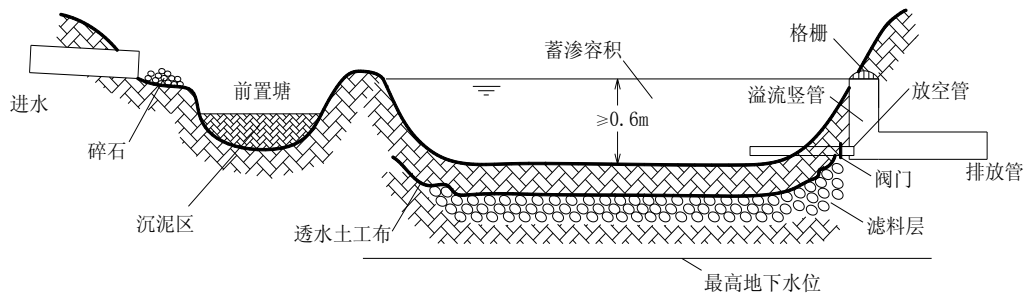


图 4-11 渗透塘典型构造示意图

适用性 渗透塘适用于汇水面积较大（大于 1 hm^2 ）且具有一定空间条件的区域，但应用于径流污染严重、设施底部渗透面距离季节性最高地下水位或岩石层小于 1 m 及距离建筑物基础小于 3 m （水平距离）的区域时，应采取必要的措施防止发生次生灾害。

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

2.6 渗井

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

渗井应满足下列要求：

- (1) 雨水通过渗井下渗前应通过植草沟、植被缓冲带等设施对雨水进行预处理。
- (2) 渗井的出水管的内底高程应高于进水管管内顶高程，但不应高于上游相邻井的出水管管内底高程。

渗井调蓄容积不足时，也可在渗井周围连接水平渗排管，形成辐射渗井。辐射渗井的典型构造如图 4-12 所示。

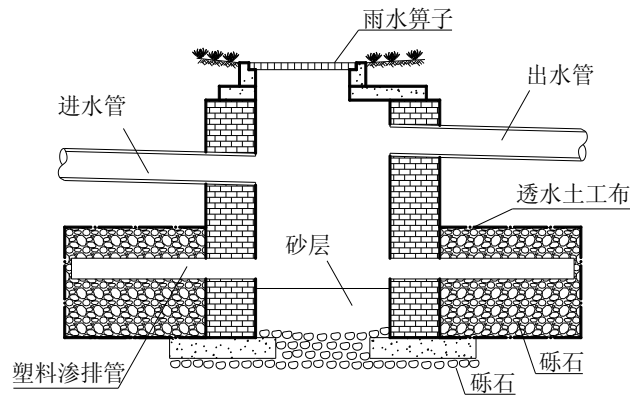


图 4-12 辐射渗井构造示意图

适用性 渗井主要适用于建筑与小区内建筑、道路及停车场的周边绿地内。渗井应用于径流污染严重、设施底部距离季节性最高地下水位或岩石层小于 1 m 及距离建筑物基础小于 3 m（水平距离）的区域时，应采取必要的措施防止发生次生灾害。

优缺点 渗井占地面积小，建设和维护费用较低，但其水质和水量控制作用有限。

2.7 湿塘

概念与构造 湿塘指具有雨水调蓄和净化功能的景观水体，雨水同时作为其主要的补水水源。湿塘有时可结合绿地、开放空间等场地条件设计为多功能调蓄水体，即平时发挥正常的景观及休闲、娱乐功能，暴雨发生时发挥调蓄功能，实现土地资源的多功能利用。

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

（1）进水口和溢流出水口应设置碎石、消能坎等消能设施，防止水流冲刷和侵蚀。

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

（3）主塘一般包括常水位以下的永久容积和储存容积，永久容积水深一般为 0.8-2.5 m；储存容积一般根据所在区域相关规划提出的“单位面积控制容积”确定；具有峰值流量削减功能的湿塘还包括调节容积，调节容积应在 24-48 h 内

排空；主塘与前置塘间宜设置水生植物种植区（雨水湿地），主塘驳岸宜为生态软驳岸，边坡坡度（垂直：水平）不宜大于 1:6。

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

（5）湿塘应设置护栏、警示牌等安全防护与警示措施。

湿塘的典型构造如图 4-13 所示。

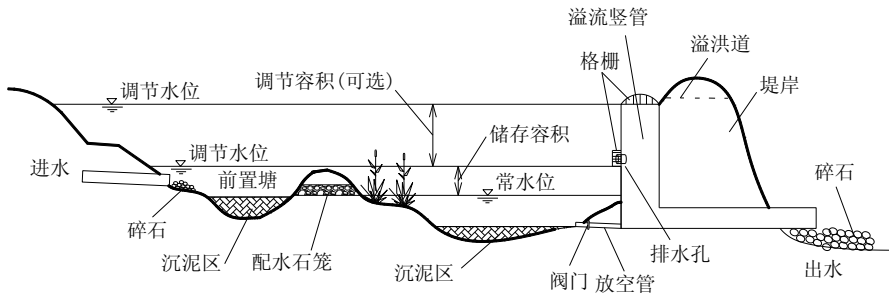


图 4-13 湿塘典型构造示意图

适用性 湿塘适用于建筑与小区、城市绿地、广场等具有空间条件的场地。

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

2.8 雨水湿地

概念与构造 雨水湿地利用物理、水生植物及微生物等作用净化雨水，是一种高效的径流污染控制设施，雨水湿地分为雨水表流湿地和雨水潜流湿地，一般设计成防渗型以便维持雨水湿地植物所需要的水量，雨水湿地常与湿塘合建并设计一定的调蓄容积。

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

雨水湿地应满足以下要求：

（1）进水口和溢流出水口应设置碎石、消能坎等消能设施，防止水流冲刷和侵蚀。

（2）雨水湿地应设置前置塘对径流雨水进行预处理。

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

深不同种植不同类型的水生植物。

(4) 雨水湿地的调节容积应在 24h 内排空。

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

雨水湿地典型构造如图 4-14 所示。

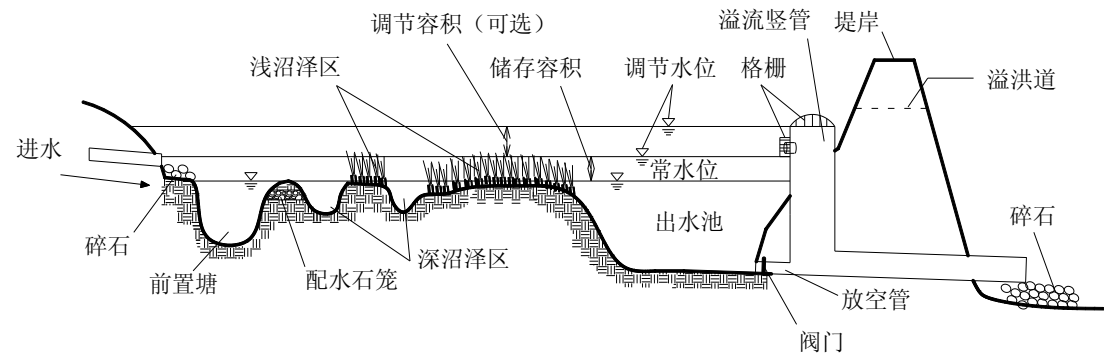


图 4-14 雨水湿地典型构造示意图

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

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

2.9 蓄水池

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

适用性 蓄水池适用于有雨水回用需求的建筑与小区、城市绿地等，根据雨水回用用途（绿化、道路喷洒及冲厕等）不同需配建相应的雨水净化设施；不适用于无雨水回用需求和径流污染严重的地区。

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

2.10 雨水罐

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

适用性 适用于单体建筑屋面雨水的收集利用。

优缺点 雨水罐多为成型产品，施工安装方便，便于维护，但其储存容积较小，雨水净化能力有限。

2.11 调节塘

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

调节塘应满足以下要求：

- (1) 进水口应设置碎石、消能坎等消能设施，防止水流冲刷和侵蚀。
- (2) 应设置前置塘对径流雨水进行预处理。
- (3) 调节区深度一般为 0.6-3 m，塘中可以种植水生植物以减小流速、增强雨水净化效果。塘底设计成可渗透时，塘底部渗透面距离季节性最高地下水位或岩石层不应小于 1 m，距离建筑物基础不应小于 3 m（水平距离）。
- (4) 调节塘出水设施一般设计成多级出水口形式，以控制调节塘水位，增加雨水水力停留时间（一般不大于 24 h），控制外排流量。
- (5) 调节塘应设置护栏、警示牌等安全防护与警示措施。

调节塘典型构造如图 4-15 所示。

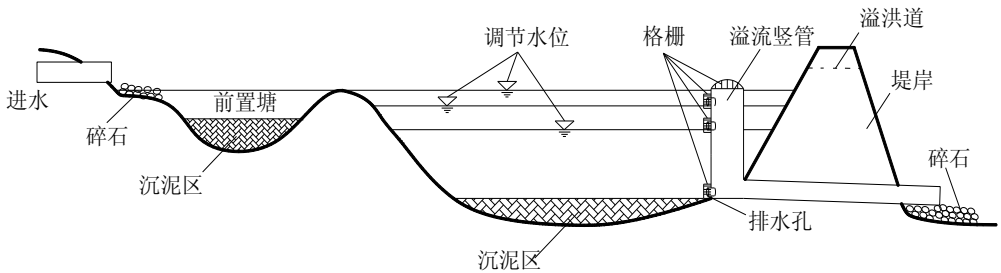


图 4-15 调节塘典型构造示意图

适用性 调节塘适用于建筑与小区、城市绿地等具有一定空间条件的区域。

优缺点 调节塘可有效削减峰值流量，建设及维护费用较低，但其功能较为

单一，宜利用下沉式公园及广场等与湿塘、雨水湿地合建，构建多功能调蓄水体。

2.12 调节池

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

适用性 调节池适用于城市雨水管渠系统中，削减管渠峰值流量。

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

2.13 植草沟

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

植草沟应满足以下要求：

- (1) 浅沟断面形式宜采用倒抛物线形、三角形或梯形。
- (2) 植草沟的边坡坡度（垂直：水平）不宜大于 1:3，纵坡不应大于 4%。
纵坡较大时宜设置为阶梯型植草沟或在中途设置消能台坎。
- (3) 植草沟最大流速应小于 0.8 m/s，曼宁系数宜为 0.2-0.3。
- (4) 转输型植草沟内植被高度宜控制在 100-200 mm。

转输型三角形断面植草沟的典型构造如图 4-16 所示。

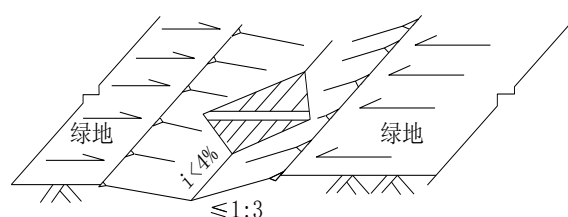


图 4-16 转输型三角形断面植草沟典型构造示意图

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

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

2.14 渗管/渠

概念与构造 渗管/渠指具有渗透功能的雨水管/渠，可采用穿孔塑料管、无砂混凝土管/渠和砾（碎）石等材料组合而成。

渗管/渠应满足以下要求：

- （1）渗管/渠应设置植草沟、沉淀（砂）池等预处理设施。
- （2）渗管/渠开孔率应控制在 1%-3%之间，无砂混凝土管的孔隙率应大于 20%。
- （3）渗管/渠的敷设坡度应满足排水的要求。
- （4）渗管/渠四周应填充砾石或其他多孔材料，砾石层外包透水土工布，土工布搭接宽度不应少于 200 mm。
- （5）渗管/渠设在行车路面下时覆土深度不应小于 700 mm。

渗管/渠典型构造如图 4-17 所示。

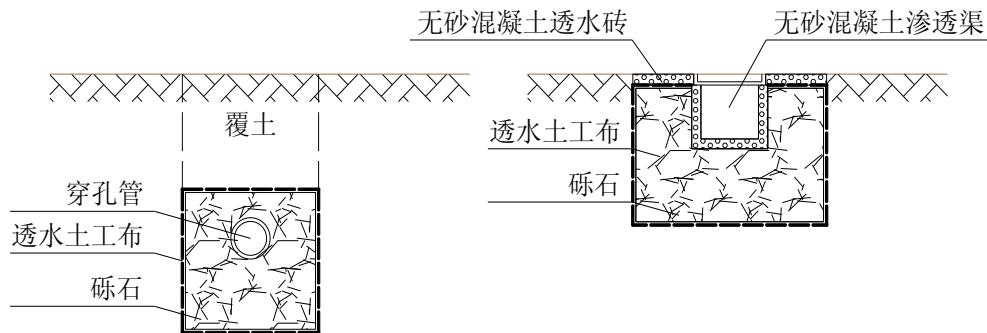


图 4-17 渗管/渠典型构造示意图

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

优缺点 渗管/渠对场地空间要求小，但建设费用较高，易堵塞，维护较困难。

2.15 植被缓冲带

概念与构造 植被缓冲带为坡度较缓的植被区，经植被拦截及土壤下渗作用减缓地表径流流速，并去除径流中的部分污染物，植被缓冲带坡度一般为

2%-6%，宽度不宜小于 2 m。植被缓冲带典型构造如图 4-18 所示。

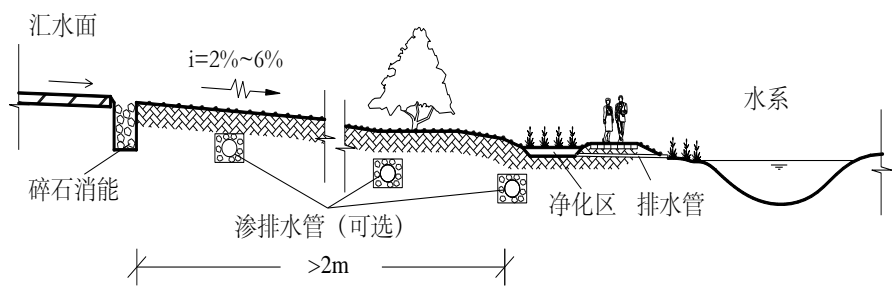


图 4-18 植被缓冲带典型构造示意图

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

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

2.16 初期雨水弃流设施

概念与构造 初期雨水弃流指通过一定方法或装置将存在初期冲刷效应、污染物浓度较高的降雨初期径流予以弃除，以降低雨水的后续处理难度。弃流雨水应进行处理，如排入市政污水管网（或雨污合流管网）由污水处理厂进行集中处理等。常见的初期弃流方法包括容积法弃流、小管弃流（水流切换法）等，弃流形式包括自控弃流、渗透弃流、弃流池、雨落管弃流等。初期雨水弃流设施典型构造如图 4-19 所示。

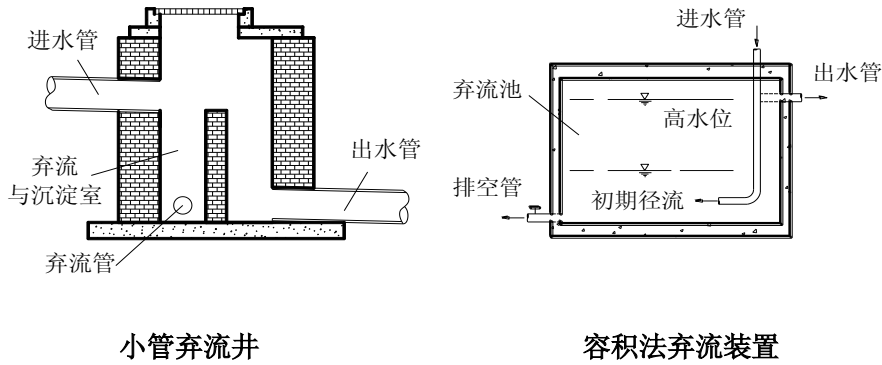


图 4-19 初期雨水弃流设施示意图

适用性 初期雨水弃流设施是其他低影响开发设施的重要预处理设施，主要

适用于屋面雨水的雨落管、径流雨水的集中入口等低影响开发设施的前端。

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

2.17 人工土壤渗滤

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

适用性 人工土壤渗滤适用于有一定场地空间的建筑与小区及城市绿地。

优缺点 人工土壤渗滤雨水净化效果好，易与景观结合，但建设费用较高。

3 设施功能比较

低影响开发设施往往具有补充地下水、集蓄利用、削减峰值流量及净化雨水等多个功能，可实现径流总量、径流峰值和径流污染等多个控制目标，因此应根据城市总规、专项规划及详规明确的控制目标，结合汇水区特征和设施的主要功能、经济性、适用性、景观效果等因素灵活选用低影响开发设施及其组合系统。

低影响开发设施比选如表 4-1 所示。

表 4-1 低影响开发设施比选一览表

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	—	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

注：1 ●——强 ◎——较强 ○——弱或很小；

2 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。

各类用地中低影响开发设施的选用应根据不同类型用地的功能、用地构成、土地利用布局、水文地质等特点进行，可参照表 4-2 选用。

表 4-2 各类用地中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	用地类型			
		建筑与小区	城市道路	绿地与广场	城市水系
渗透技术	透水砖铺装	●	●	●	◎
	透水水泥混凝土	◎	◎	◎	◎
	透水沥青混凝土	◎	◎	◎	◎
	绿色屋顶	●	○	○	○
	下沉式绿地	●	●	●	◎
	简易型生物滞留设施	●	●	●	◎
	复杂型生物滞留设施	●	●	◎	◎
	渗透塘	●	◎	●	○
	渗井	●	◎	●	○
储存技术	湿塘	●	◎	●	●
	雨水湿地	●	●	●	●
	蓄水池	◎	○	◎	○
	雨水罐	●	○	○	○
调节技术	调节塘	●	◎	●	◎
	调节池	◎	◎	◎	○
转输技术	转输型植草沟	●	●	●	◎
	干式植草沟	●	●	●	◎
	湿式植草沟	●	●	●	◎
	渗管/渠	●	●	●	○
截污净化技术	植被缓冲带	●	●	●	●
	初期雨水弃流设施	●	◎	◎	○
	人工土壤渗滤	◎	○	◎	◎

注：●——宜选用 ◎——可选用 ○——不宜选用。

4 低影响开发设施组合系统优化

低影响开发设施的选择应结合不同区域水文地质、水资源等特点，建筑密度、绿地率及土地利用布局等条件，根据城市总规、专项规划及详规明确的控制目标，结合汇水区特征和设施的主要功能、经济性、适用性、景观效果等因素选择效益最优的单项设施及其组合系统。组合系统的优化应遵循以下原则：

(1) 组合系统中各设施的适用性应符合场地土壤渗透性、地下水位、地形等特点。在土壤渗性能差、地下水位高、地形较陡的地区，选用渗透设施时应进行必要的技术处理，防止塌陷、地下水污染等次生灾害的发生。

(2) 组合系统中各设施的主要功能应与规划控制目标相对应。缺水地区以雨水资源化利用为主要目标时,可优先选用以雨水集蓄利用主要功能的雨水储存设施;内涝风险严重的地区以径流峰值控制为主要目标时,可优先选用峰值削减效果较优的雨水储存和调节等技术;水资源较丰富的地区以径流污染控制和径流峰值控制为主要目标时,可优先选用雨水净化和峰值削减功能较优的雨水截污净化、渗透和调节等技术。

(3) 在满足控制目标的前提下,组合系统中各设施的总投资成本宜最低,并综合考虑设施的环境效益和社会效益,如,当场地条件允许时,优先选用成本较低且景观效果较优的设施。

低影响开发设施选用流程如图 4-20 所示。

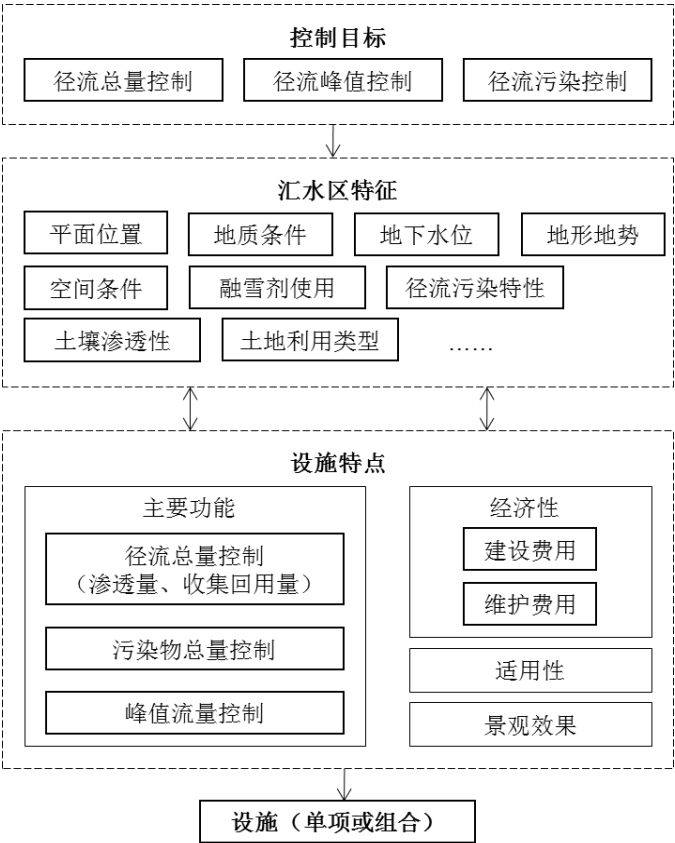


图 4-20 低影响开发设施选用流程图

第八节 设施规模计算

1 计算原则

(1) 低影响开发设施的规模应根据控制目标及设施在具体应用中发挥的主

要功能，选择容积法、流量法或水量平衡法等方法通过计算确定；按照径流总量、径流峰值与径流污染综合控制目标进行设计的低影响开发设施，应综合运用以上方法进行计算，并选择其中较大的规模作为设计规模；有条件的可利用模型模拟的方法确定设施规模。

（2）当以径流总量控制为目标时，地块内各低影响开发设施的设计调蓄容积之和，即总调蓄容积（不包括用于削减峰值流量的调节容积），一般不应低于该地块“单位面积控制容积”的控制要求（详见第三章第四节）。计算总调蓄容积时，应符合以下要求：

1）顶部和结构内部有蓄水空间的渗透设施（如复杂型生物滞留设施、渗管/渠等）的渗透量应计入总调蓄容积。

2）调节塘、调节池对径流总量削减没有贡献，其调节容积不应计入总调蓄容积；转输型植草沟、渗管/渠、初期雨水弃流、植被缓冲带、人工土壤渗滤等对径流总量削减贡献较小的设施，其调蓄容积也不计入总调蓄容积。

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

4）受地形条件、汇水面大小等影响，设施调蓄容积无法发挥径流总量削减作用的设施（如较大面积的下沉式绿地，往往受坡度和汇水面竖向条件限制，实际调蓄容积远远小于其设计调蓄容积），以及无法有效收集汇水面径流雨水的设施具有的调蓄容积不计入总调蓄容积。

2 一般计算

2.1 容积法

低影响开发设施以径流总量和径流污染为控制目标进行设计时，设施具有的调蓄容积一般应满足“单位面积控制容积”的指标要求。设计调蓄容积一般采用容积法进行计算，如式（4-1）所示，详细计算可参照本指南附录 4 典型案例中的案例四。

$$V=10H\phi F \quad (4-1)$$

式中：V——设计调蓄容积， m^3 ；

H——设计降雨量，mm，参照附录 2；

ϕ ——综合雨量径流系数，可参照表 4-3 进行加权平均计算；

F ——汇水面积， hm^2 。

用于合流制排水系统的径流污染控制时，雨水调蓄池的有效容积可参照《室外排水设计规范》（GB50014）进行计算。

表 4-3 径流系数

汇水面种类	雨量径流系数 φ	流量径流系数 ψ
绿化屋面（绿色屋顶，基质层厚度 $\geq 300 \text{ mm}$ ）	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

注：以上数据参照《室外排水设计规范》（GB50014）和《雨水控制与利用工程设计规范》（DB11/685）。

2.2 流量法

植草沟等转输设施，其设计目标通常为排除一定设计重现期下的雨水流量，可通过推理公式来计算一定重现期下的雨水流量，如式（4-2）所示。

$$Q = \psi q F \quad (4-2)$$

式中： Q ——雨水设计流量， L/s ；

ψ ——流量径流系数，可参见表 4-3；

q ——设计暴雨强度， $\text{L}/(\text{s} \cdot \text{hm}^2)$ ；

F ——汇水面积， hm^2 。

城市雨水管渠系统设计重现期的取值及雨水设计流量的计算等还应符合《室外排水设计规范》（GB50014）的有关规定。

2.3 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“2.1 容积法”进行计算，同时为保证设施正常运行（如保持设计常水位），再通过水量平衡法计算设施每月雨水补水水量、外排水量、水量差、水位变化等相关参数，最后通过经济分析确定设施设计容积的合理性并进行调整，水量平衡计算过程可参照表 4-4。

表 4-4 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 以渗透为主要功能的设施规模计算

对于生物滞留设施、渗透塘、渗井等顶部或结构内部有蓄水空间的渗透设施，设施规模应按照以下方法进行计算。对透水铺装等仅以原位下渗为主、顶部无蓄水空间的渗透设施，其基层及垫层空隙虽有一定的蓄水空间，但其蓄水能力受面层或基层渗透性能的影响很大，因此透水铺装可通过参与综合雨量径流系数计算的方式确定其规模。

（1）渗透设施有效调蓄容积按式（4-3）进行计算

$$V_s = V - W_p \quad (4-3)$$

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，m³；

V——渗透设施进水量，m³，参照“2.1 容积法”计算；

W_p——渗透量，m³。

（2）渗透设施渗透量按式（4-4）进行计算

$$W_p = KJA_s t_s \quad (4-4)$$

式中：W_p——渗透量，m³；

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。

4 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“2.1 容积法”及“2.3 水量平衡法”计算，并通过技术经济分析综合确定。

5 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，调节设施容积按式（4-5）进行计算。

$$V = \text{Max} \left[\int_0^T (Q_{in} - Q_{out}) dt \right] \quad (4-5)$$

式中： V ——调节设施容积， m^3 ；

Q_{in} ——调节设施的入流流量， m^3/s ；

Q_{out} ——调节设施的出流流量， m^3/s ；

t ——计算步长， s ；

T ——计算降雨历时， s 。

6 调蓄设施规模计算

具有储存和调节综合功能的湿塘、雨水湿地等多功能调蓄设施，其规模应综合储存设施和调节设施的规模计算方法进行计算。

7 以转输与截污净化为主要功能的设施规模计算

植草沟等转输设施的计算方法如下：

(1) 根据总平面图布置植草沟并划分各段的汇水面积。

(2) 根据《室外排水设计规范》(GB50014) 确定排水设计重现期, 参考本指南“2.2 流量法”计算设计流量 Q 。

(3) 根据工程实际情况和植草沟设计参数取值(参照本章第七节), 确定各设计参数。

容积法弃流设施的弃流容积应按“2.1 容积法”计算; 绿色屋顶的规模计算参照透水铺装的规模计算方法; 人工土壤渗滤的规模根据设计净化周期和渗滤介质的渗透性能确定; 植被缓冲带规模根据场地空间条件确定。

第五章 工程建设

第一节 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（如城市道路、公共绿地等）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的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。

第二节 建筑与小区

(1) 建筑与小区低影响开发设施应按照规划总图、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) 建筑与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。

(3) 建筑与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。

(4) 建筑与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。

(5) 建筑与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。

第三节 城市道路

(1) 城市道路低影响开发设施进水口（如路缘石豁口）处应局部下凹以提高设施进水条件，进水口的开口宽度、设置间距应根据道路竖向坡度调整；进水口处应设置防冲刷设施。

(2) 城市道路低影响开发设施应建设有效的溢流排放设施并与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统有效衔接。

(3) 城市道路低影响开发设施应采取相应的防渗措施，防止径流雨水下渗对道路路面及路基造成损坏，并满足《城市道路路基设计规范》（CJJ194）中相关要求。

(4) 当道路纵向坡度影响低影响开发设施有效调蓄容积时，应建设有效的挡水设施。

(5) 城市径流雨水行泄通道及易发生内涝的道路、下沉式立交桥区等区域的低影响开发雨水调蓄设施，应配建警示标志及必要的预警系统，避免对公共安全造成危害。

(6) 城市道路低影响开发设施的竣工验收应由建设单位组织市政、园林绿化等部门验收，确保满足《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ1）相关要求，并对设施规模、竖向、进水口、溢流排水口、绿化种植等关键环节进行重点验收，验收合格后方可交付使用。

第四节 城市绿地与广场

(1) 城市绿地与广场低影响开发设施应建设有效的溢流排放系统，与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统有效衔接。

(2) 城市湿地公园、城市绿地中的景观水体应具有雨水调蓄功能，构建多功能调蓄水体/湿地公园，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，其总体布局、规模、竖向设计应与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统相衔接。

(3) 城市绿地与广场中湿塘、雨水湿地等大型低影响开发设施应在进水口设置有效的防冲刷、预处理设施。

(4) 城市绿地与广场中湿塘、雨水湿地等大型低影响开发设施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。

(5) 城市园林绿地系统低影响开发雨水系统建设及竣工验收应满足《城市园林绿化评价标准》(GB/T50563)、《园林绿化工程施工及验收规范》(CJJ82)中相关要求。

第五节 城市水系

(1) 应充分利用现状自然水体建设湿塘、雨水湿地等具有雨水调蓄功能的低影响开发设施，湿塘、雨水湿地的布局、调蓄水位、水深等应与城市上游雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统及下游水系相衔接。

(2) 位于蓄滞洪区的河道、湖泊、滨水低洼地区低影响开发雨水系统建设，同时应满足《蓄滞洪区设计规范》(GB50773)中相关要求。

(3) 规划建设新的水体或扩大现有水体的水域面积，应与低影响开发雨水系统的控制目标相协调，增加的水域宜具有雨水调蓄功能。

(4) 应充分利用城市水系滨水绿化控制线范围内的城市公共绿地，在绿地内建设湿塘、雨水湿地等设施调蓄、净化径流雨水，并与城市雨水管渠的水系入口、经过或穿越水系的城市道路的路面排水口相衔接。

(5) 滨水绿化控制线范围内的绿化带接纳相邻城市道路等不透水汇水面径流雨水时，应建设为植被缓冲带，以削减径流流速和污染负荷。

(6) 有条件的城市水系，其岸线宜建设为生态驳岸，并根据调蓄水位变化选择适应的水生及湿生植物。

第六章 维护管理

第一节 基本要求

(1) 公共项目的低影响开发设施由城市道路、排水、园林等相关部门按照职责分工负责维护监管。其他低影响开发雨水设施，由该设施的所有者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的维护管理部门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。

第二节 设施维护

本节列出了不同设施维护的主要注意事项。

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、渗透塘

- (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) 边坡出现坍塌时，应进行加固；
- (7) 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；
- (8) 当调蓄空间雨水的排空时间超过 36 h 时，应及时置换树皮覆盖层或表层种植土；
- (9) 出水水质不符合设计要求时应换填填料。

4 渗井、渗管/渠

- (1) 进水口出现冲刷造成水土流失时，应设置碎石缓冲或采取其他防冲刷措施；
- (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 湿塘、雨水湿地

- (1) 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；
- (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) 前置塘/预处理池内沉积物淤积超过 50% 时，应及时进行清淤；
- (4) 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；

（5）护坡出现坍塌时应及时进行加固；

（6）应定期检查泵、阀门等相关设备，保证其能正常工作；

（7）应及时收割、补种修剪植物、清除杂草。

6 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；

（3）北方地区，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；

（4）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。

8 调节塘

（1）应定期检查调节塘的进口和出口是否畅通，确保排空时间达到设计要求，且每场雨之前应保证放空；

（2）其他参照渗透塘及湿塘、雨水湿地等。

9 调节池

（1）监测排空时间是否达到设计要求；

（2）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；

(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。

10 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。

11 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。

12 人工土壤渗滤

(1) 应及时补种修剪植物、清除杂草；

(2) 土壤渗滤能力不足时，应及时更换配水层；

(3) 配水管出现堵塞时，应及时疏通或更换等。

13 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 6-1 所示。

表 6-1 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；视天

		气情况不定期浇灌植物
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
渗透塘	检修、清淤 2 次/年（雨季之前、之后），植物修剪 4 次/年（雨季）	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）	—
湿塘	检修、植物残体清理 2 次/年（雨季），植物收割 1 次/年（冬季之前），前置塘清淤（雨季之前）	—
雨水湿地	检修、植物残体清理 3 次/年（雨季之前、期中、之后）、前置塘清淤（雨季之前）	—
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
调节塘	检修、植物残体清理 3 次/年（雨季之前、期中、之后），植物收割 1 次/年（雨季之后），前置塘清淤（雨季之前）	—
调节池	检修、淤泥清理 1 次/年（雨季之前）	—
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 次/年（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）	—
人工土壤渗滤	检修 3 次/年（雨季之前、期中、之后），植物修剪 2 次/年（雨季）	—

第三节 风险管理

（1）雨水回用系统输水管道严禁与生活饮用水管道连接。

（2）地下水位高及径流污染严重的地区应采取有效措施防止下渗雨水污染地下水。

（3）严禁向雨水收集口和低影响开发雨水设施内倾倒垃圾、生活污水和工业废水，严禁将城市污水管网接入低影响开发设施。

（4）城市雨洪行泄通道及易发生内涝的道路、下沉式立交桥区等区域，以及城市绿地中湿塘、雨水湿地等大型低影响开发设施应设置警示标识和报警系统，配备应急设施及专职管理人员，保证暴雨期间人员的安全撤离，避免安全事

故的发生。

（5）陡坡坍塌、滑坡灾害易发的危险场所，对居住环境以及自然环境造成危害的场所，以及其他有安全隐患场所不应建设低影响开发设施。

（6）严重污染源地区（地面易累积污染物的化工厂、制药厂、金属冶炼加工厂、传染病医院、油气库、加油加气站等）、水源保护地等特殊区域如需开展低影响开发的，除适用本指南外，还应开展环境影响评价，避免对地下水和水源地造成污染。

（7）低影响开发雨水设施的运行过程中需注意防范以下风险：

1）绿色屋顶是否导致屋顶漏水；

2）生物滞留设施、渗井、渗管/渠、渗透塘等渗透设施是否引起地面或周边建筑物、构筑物坍塌，或导致地下室漏水等。

附录 1 主要术语

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。

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。

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。

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

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

雨水调蓄 stormwater detention, retention/ storage

雨水储存和调节的统称。

雨水储存 stormwater retention or storage

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

雨水调节 stormwater detention

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

雨水渗透 stormwater infiltration

利用人工或自然设施,使雨水下渗到土壤表层以下,以补充地下水。

断接 disconnection

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

附录 2 年径流总量控制率与设计降雨量之间的关系

城市年径流总量控制率对应的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共享服务网中国地面国际交换站气候资料数据,选取至少近 30 年(反映长期的降雨规律和近年气候的变化)日降雨(不包括降雪)资料,扣除小于等于 2 mm 的降雨事件的降雨量,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。

设计降雨量是各城市实施年径流总量控制的专有量值,考虑我国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。表 F2-1 给出了我国部分城市年径流总量控制率对应的设计降雨量值(依据 1983-2012 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。

表 F2-1 我国部分城市年径流总量控制率对应的设计降雨量值一览表

城市	不同年径流总量控制率对应的设计降雨量(mm)				
	60%	70%	75%	80%	85%
酒泉	4.1	5.4	6.3	7.4	8.9
拉萨	6.2	8.1	9.2	10.6	12.3
西宁	6.1	8.0	9.2	10.7	12.7
乌鲁木齐	5.8	7.8	9.1	10.8	13.0
银川	7.5	10.3	12.1	14.4	17.7
呼和浩特	9.5	13.0	15.2	18.2	22.0
哈尔滨	9.1	12.7	15.1	18.2	22.2
太原	9.7	13.5	16.1	19.4	23.6
长春	10.6	14.9	17.8	21.4	26.6
昆明	11.5	15.7	18.5	22.0	26.8
汉中	11.7	16.0	18.8	22.3	27.0
石家庄	12.3	17.1	20.3	24.1	28.9
沈阳	12.8	17.5	20.8	25.0	30.3
杭州	13.1	17.8	21.0	24.9	30.3
合肥	13.1	18.0	21.3	25.6	31.3
长沙	13.7	18.5	21.8	26.0	31.6
重庆	12.2	17.4	20.9	25.5	31.9
贵阳	13.2	18.4	21.9	26.3	32.0
上海	13.4	18.7	22.2	26.7	33.0
北京	14.0	19.4	22.8	27.3	33.6
郑州	14.0	19.5	23.1	27.8	34.3
福州	14.8	20.4	24.1	28.9	35.7
南京	14.7	20.5	24.6	29.7	36.6
宜宾	12.9	19.0	23.4	29.1	36.7
天津	14.9	20.9	25.0	30.4	37.8
南昌	16.7	22.8	26.8	32.0	38.9
南宁	17.0	23.5	27.9	33.4	40.4
济南	16.7	23.2	27.7	33.5	41.3
武汉	17.6	24.5	29.2	35.2	43.3
广州	18.4	25.2	29.7	35.5	43.4
海口	23.5	33.1	40.0	49.5	63.4

附录 3 部分低影响开发单项设施单价估算（北京地区）

表 F3-1 中各单项设施的单价来源于近年来北京地区部分已实施的低影响开发设施建设项目。各地区材料、人工及机械等价格不同，单项设施的单价会有差别。

表 F3-1 部分低影响开发单项设施单价估算一览表（北京地区）

低影响开发设施	单位造价估算
透水铺装	60-200（元/m ² ）
绿色屋顶	100-300（元/m ² ）
狭义下沉式绿地	40-50（元/m ² ）
生物滞留设施	150-800（元/m ² ）
湿塘	400-600（元/m ² ）
雨水湿地	500-700（元/m ² ）
蓄水池	800-1200（元/m ³ ）
调节塘	200-400（元/m ³ ）
植草沟	30-200（元/m）
人工土壤渗滤	800-1200（元/m ² ）

附录 4 典型案例

案例一：深圳市某区域低影响开发雨水系统建设项目

深圳市光明新区是近几年大规模开发建设的集中片区，采用低影响开发模式进行开发建设。区域采用单元开发模式，划分为 22 个开发单元，开发单元用地规模在 30-50 hm²。

为引导开发单元内各建设项目采用低影响开发技术与设施，保障区域低影响开发目标的实现，采用三个低影响开发引导控制指标，其指标含义及计算公式见表 F4-1（含义与本指南相同，详见第三章第四节）。

表 F4-1 低影响开发控制指标及含义

序号	指标名称	指标含义及计算公式
1	下沉式绿地率	高程低于周围汇水区域的绿地占绿地总面积的比例 下沉式绿地率 = $\frac{\text{下沉绿地面积}}{\text{绿地总面积}}$
2	绿色屋顶率	绿化屋顶的面积占建筑屋顶总面积的比例 绿色屋顶率 = $\frac{\text{绿化屋顶面积}}{\text{建筑屋顶总面积}}$
3	透水铺装率	人行道、停车场、广场采用透水铺装的面积占其总面积的比例 透水铺装率 = $\frac{\text{透水铺装人行道、停车场、广场面积}}{\text{人行道、停车场、广场总面积}}$

注：表中下沉式绿地指广义的下沉式绿地。

（2）低影响开发指标要求

结合区域开发单元的相关规划，参考国家及深圳市相关标准规范，借鉴国内其他地区的排水（雨水）防涝综合管理要求，对低影响开发指标赋值，详见表 F4-2。各开发单元应根据指标要求建设低影响开发设施，确保开发单元低影响开发目标的实现。

表 F4-2 开发单元低影响开发指标要求

控制指标	22 个开发单元及市政道路低影响开发建设要求			
	一；二；三；四；五；六；七；八；九；十；十一；十四；十五；十六；十八；十九；二十	十二；十三；十七；二十一	二十二	市政道路
下沉式绿地率	≥60%	≥60%	——	≥80%
绿色屋顶率	20%-50%	20%-30%	——	——
透水铺装率	≥90%	≥30%	≥80%	≥90%

1 深圳市光明新区门户区市政道路

门户区 23 条市政道路，共计 17 km。工程设计按照低影响开发理念配套设置雨水综合利用措施，将道路红线范围内的雨水优先汇集进入两侧的生物滞留带进行渗滤、滞蓄处理，将径流雨水用于补充地下水，发挥径流污染控制、峰值流量削减、水文生态修复等方面的作用。

低影响开发设施设计标准包括控制径流峰值流量、综合径流系数和径流污染，在三个标准中选择最大的标准作为控制目标。

根据设计标准计算各项低影响开发设施的尺寸，包括其附属设施，如预处理设施、临时存储空间、各个过滤层厚度、配水设施等。

所有低影响开发设施均按径流峰值控制目标设计，可实现城市雨水管渠的综合设计重现期标准由 2 年一遇提高到 4 年一遇，设施的规模相当于设计降雨量 28 mm，可实现年径流总量控制率约为 70%。低影响开发雨水系统不改变传统设计中的雨水管渠排放系统，只是在雨水排放到雨水管渠系统前对峰值流量、径流污染等进行控制。

所有低影响开发设施的绿化均满足景观要求，设计最大雨水排空时间为 24 h。

植物配种主要满足以下要求：

- (1) 景观设计的认可；
- (2) 低影响开发设施排水时间满足植物受淹时间要求；
- (3) 低影响开发设施的种植土层需满足植物种植要求。

图 F4-1 和 F4-2 分别是道路剖面示意图和生物滞留带实景图。

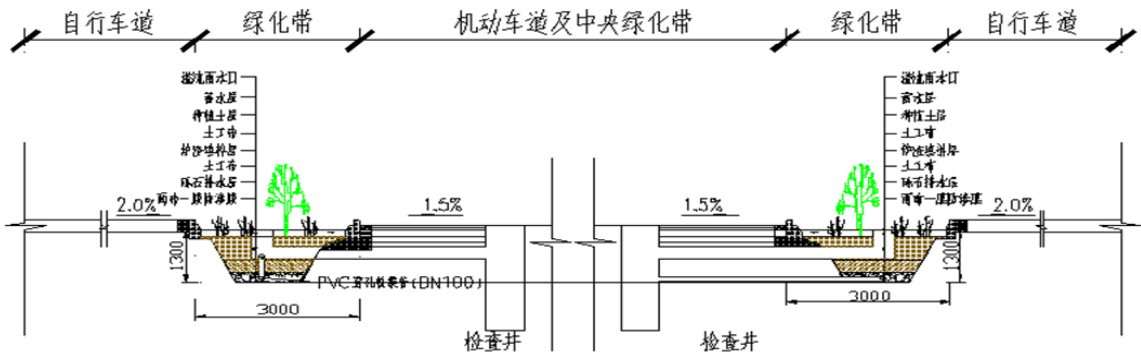


图 F4-1 道路剖面示意图



图 F4-2 生物滞留带实景

2 光明新城公园

占地面积约 58.58 hm^2 ，其中建筑 1.40 hm^2 ，绿地 53.06 hm^2 ，道路广场 3.56 hm^2 ，水体 0.56 hm^2 。园内排水沟均采用植草沟，在转输径流雨水的同时，可将部分雨水下渗补充地下水。

依据产流量计算，园内年产生的雨量为 $45 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，园内年产生的雨水量远大于景观用水量，结合水景设施和地形，设置 3 座雨水蓄水池，规模 $300 \text{ m}^3/\text{座}$ 。

经水量平衡计算，园内给水水源分两部分，一部分是绿化浇灌用水（含绿化浇灌、道路和广场冲洗用水），由园内的雨水收集后供给；另一部分是游客用水，由园内的市政给水管网供给，两部分相对独立。绿化浇灌用水、道路和广场冲洗用水采用雨水作为供水水源，最高日用水量为 589 m^3 ，最大时用水量 60 m^3 。当雨水量不够绿化浇灌时，采用市政给水作为浇灌补充水，补充到蓄水中。

公园内雨水口均设置截污挂篮，公园道路、停车场、公共广场均采用透水铺装。公园内还设有干塘、湿地、渗井等设施。图 F4-3 是公园的低影响开发雨水系统流程图，图 F4-4 是公园平面图和植草沟实景图。

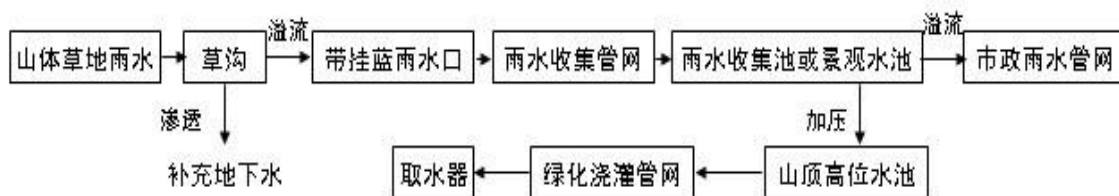


图 F4-3 光明新城公园低影响开发雨水系统流程图



图 F4-4 公园平面图和植草沟实景图

3 光明新区群众体育中心

部分建筑屋顶采用绿色屋顶，不仅美观，而且可以有效削减径流雨水，对城市内涝灾害防控和径流污染控制具有积极作用。

停车场应用草格铺砌，广场应用透水砖铺砌，可有效下渗雨水。

停车场和广场周围绿地部分采用下沉式绿地和雨水花园，停车场和广场超渗径流雨水可流入其周围的下沉式绿地和雨水花园内下渗。

绿地应用了下沉式绿地、植草沟、雨水花园等低影响开发设施。这些设施的建设不但可以有效控制地表径流，而且还能消纳周围部分硬质地面径流雨水，效果显著。

图 F4-5 是体育中心透水铺装地面和下沉式绿地的实景图。



图 F4-5 透水铺装地面和下沉式绿地实景图

案例二：上海世博城市最佳实践区低影响开发雨水系统建设项目

1 项目概况

上海世博城市最佳实践区位于世博园区浦西部分，占地面积 16.85 hm^2 ，包括北区和南区两个片区。在 2010 年上海世博会期间展示宜居家园、可持续的城市化和历史遗产保护与利用等内容。后世博时代，城市最佳实践区旨在打造一个充满活力的复合街坊和富有魅力的城市客厅，其建设目标是达到美国绿色建筑委员会颁发的 LEED-ND（Leadership in Energy and Environmental Design for Neighborhood Development）铂金级认证，该认证是目前国际上最为先进和具有实践性的绿色建筑认证评分体系。根据 LEED-ND 铂金认证体系中针对雨水收集利用的考核指标要求，需将园区 90% 雨水收集利用并在 3 天内用完，具体解释为：通过渗透、蒸发（腾）或者集蓄利用等措施维持项目地范围内至少 90% 的降雨。

- 管理措施包括但不限于：雨水收集及回用系统、透水砖铺装下渗、雨水花园、绿色屋顶、渗透塘、渗井。
- 除雨水收集和回用外，渗透等措施的排空时间应限在 72 h 内。
- 项目运营后，应分季节定期对低影响开发雨水系统进行维护。

2 低影响开发雨水系统设计方案

2.1 城市最佳实践区北区低影响开发雨水系统设计方案

世博城市最佳实践区北区面积 7.13 hm^2 ，雨水收集量为 929 m^3 ，其中可利用雨水量 $89 \text{ m}^3/\text{d}$ （包括绿化灌溉、冲厕、道路及广场冲洗、洗车用水），3 天利用水量为 267 m^3 ，其余 662 m^3 雨水需要在 3 天内就地下渗。

2010 年上海世博会期间，在城市最佳实践区北区内设计展示了一个微缩版的成都活水公园案例，因此利用成都活水公园的水流循环系统蓄水，并将活水公园内的荷花池改造成雨水渗透塘，实现本区域收集的雨水在 3 天内就地下渗，总体设计方案如图 F4-6 所示。

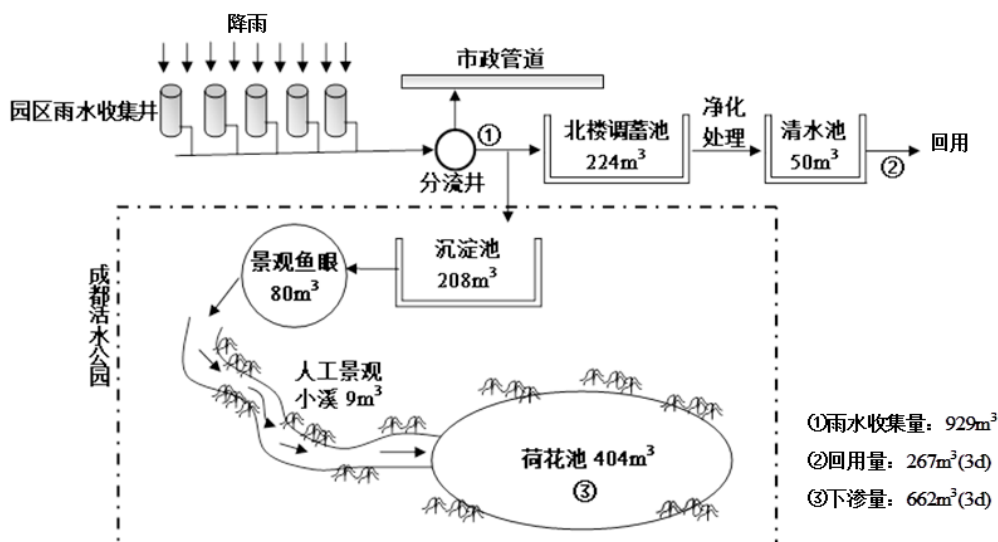


图 F4-6 城市最佳实践区北区低影响开发雨水系统设计方案

根据工程前期对场地下渗速率的现场观测，确定雨水下渗速率的设计参数为 $2.3 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ （场地表层土为孔隙率较大的人工回填土，下渗速率较大）。活水公园内荷花池工程改造如图 F4-7 示，采取渗管下渗的方式。下渗管设有盖板，可人工启闭。需要下渗时，盖板打开，荷花池内的水通过下渗管引入碎石层中下渗；如果连续晴天不降雨，为保持荷花池内的景观用水，则可将下渗管上部的盖板关闭。

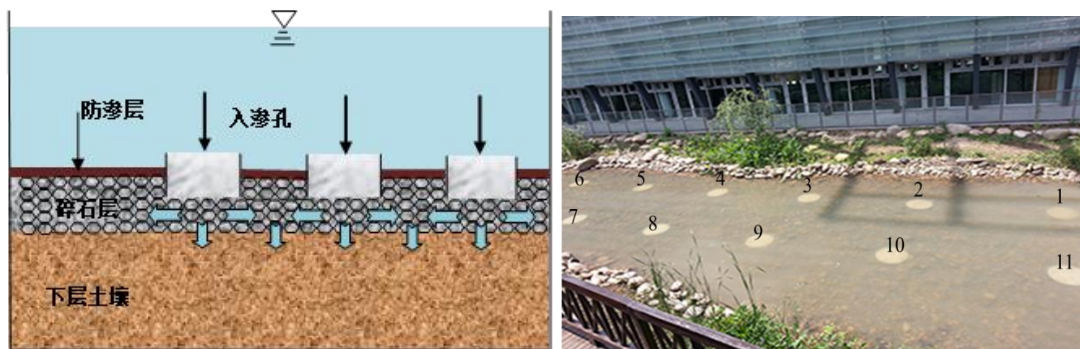


图 F4-7 城市最佳实践区北区荷花池下渗改造（左：示意图；右：实景图）

2.2 城市最佳实践区南区低影响开发雨水系统设计方案

世博城市最佳实践区南区面积 9.72 hm^2 ，共需收集雨水量 1375 m^3 。与北区不同，南区没有成都活水公园这样的可以蓄水和改造下渗的荷花池。根据南区实际情况，提出利用南区 3#地块的绿地空间，在绿地下面形成蓄水下渗空间，实现南区雨水就地下渗。总体设计方案如图 F4-8 所示。

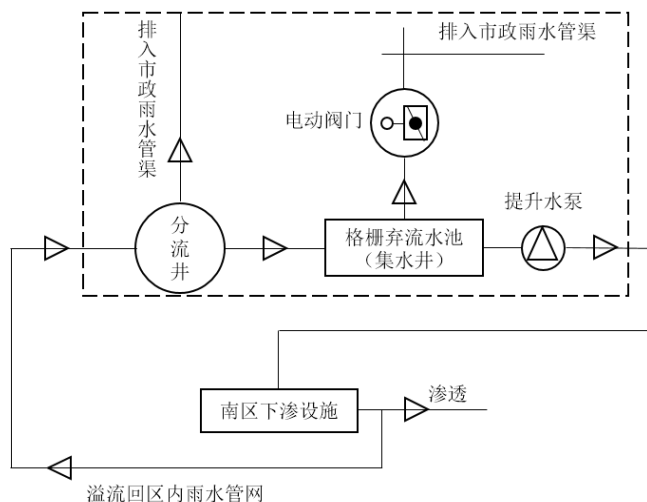


图 F4-8 城市最佳实践区南区低影响开发雨水系统设计方案

根据工程前期对场地下渗速率的现场观测，确定雨水下渗速率的设计参数为 $6.48 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ 。实际使用绿地面积为 1845 m^2 ，满足下渗设计要求。绿地增渗系统的空间设计如图 F4-9 示。增渗绿地主要通过蓄水模块蓄水（图 F4-10 示），其材质及特性为：高品质 100% 优质回收聚丙烯（PP）材质；具有将强的硬度和韧性；水浸泡，无异味，无析出物；较强的耐强酸，强碱性；孔隙率大，便于蓄水。

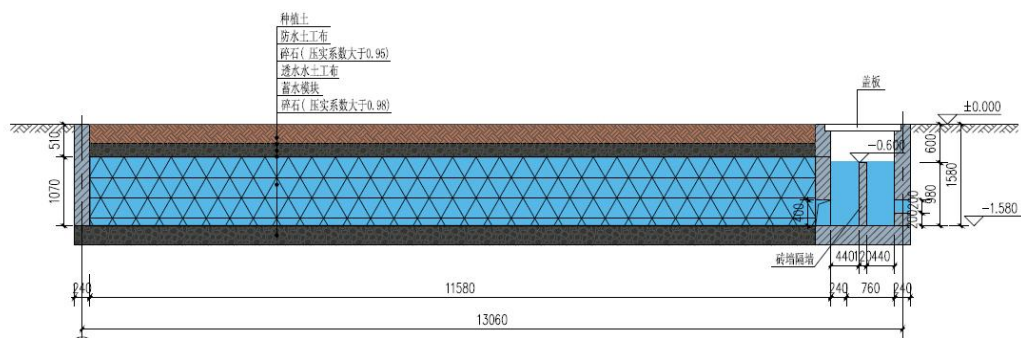


图 F4-9 城市最佳实践区南区绿地增渗系统空间设计

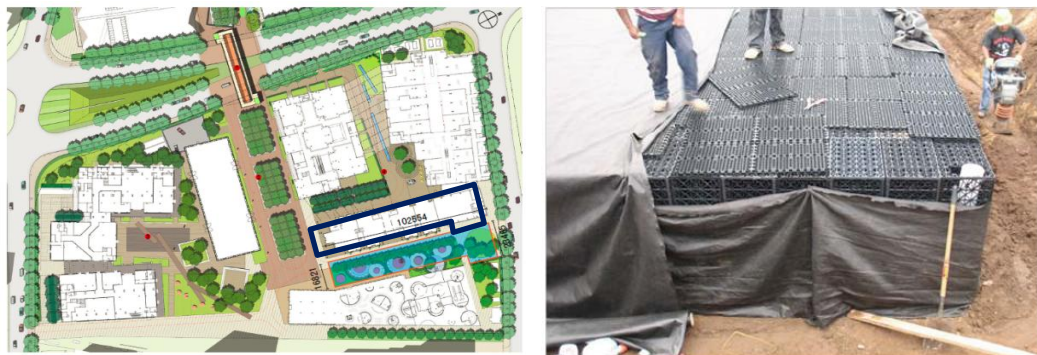


图 F4-10 城市最佳实践区南区绿地增渗系统实景图

（左图：绿地增渗平面位置；右图：绿地增渗系统现场施工）

3 综合效益

（1）项目已获得美国绿色建筑委员会 LEED-ND 铂金级预认证授牌，成为北美地区以外首个获得该级别认证的项目。对于实践城市低影响开发雨水系统，将产生良好的示范效应。

（2）示范区年径流总量控制率达 90%，有效减少雨水径流产生量以及径流污染带来的城市水环境污染。

案例三：北京市顺义区某住宅区低影响开发雨水系统建设项目

1 项目概况

东方太阳城老年住宅区位于北京市顺义区潮白河的西岸，占地 234 hm²，其中景观湖占地 18 hm²，集中绿地和高尔夫球场占地 70 hm²。项目定位自然生态且场地空间布局适合低影响开发雨水系统建设。

项目所在地原为河滩淹没区，地势较低洼，建设期间周边无配套市政雨 / 污水管线，内涝风险高。同时，在一期建设初步完成时，作为重要亮点的中心景观水体因自净能力差，出现水体富营养化、发臭、耗水量高等多重问题。

2 低影响开发雨水系统设计方案

项目在控制投资成本前提下，通过方案比较，采用了低影响开发雨水系统，如图 F4-11 所示。

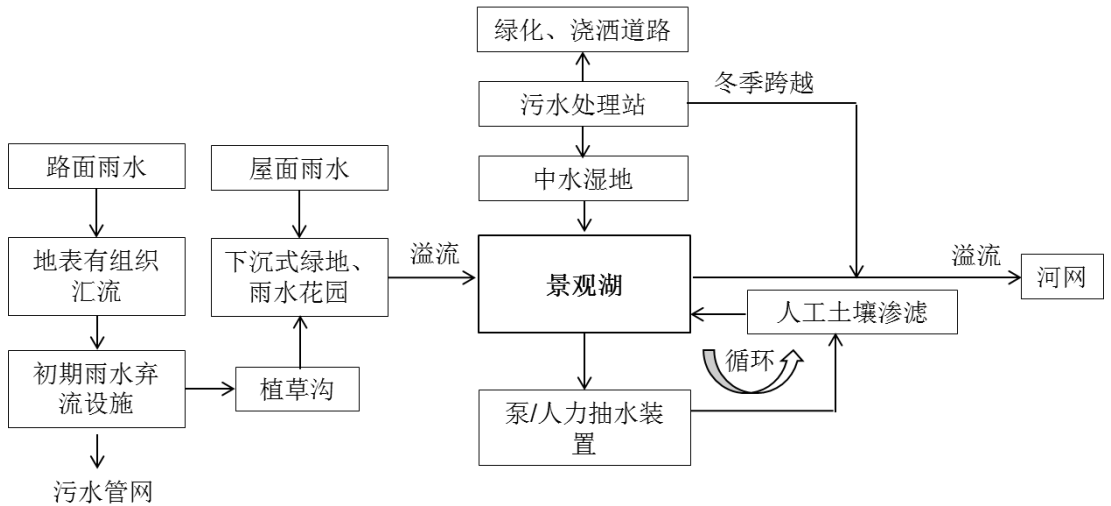


图 F4-11 东方太阳城低影响开发雨水系统与水环境设计方案

项目利用多功能调蓄水体（景观湖）、雨水湿地、植草沟、雨水花园、初期雨水弃流设施等低影响开发设施进行径流雨水渗透、储存、转输与截污净化，实现径流总量减排、内涝防治、径流污染、雨水资源化利用等多重目标，并通过生态堤岸、人工土壤渗滤与中水湿地循环净化等保障了景观水体水质。

此外，本项目未建设雨水管渠系统，而是通过有效的场地竖向设计实现雨水的地表有组织排放，同时道路、绿地可作为超标雨水径流排放通道。

该项目投资合理、效果显著、便于运行管理，二期、三期同样采纳了低影响开发雨水系统的设计，并经受住了北京 2011 年“6.23”、2012 年“7.21”等暴雨事件的考验。图 F4-12 是东方太阳城景观湖实景图。



图 F4-12 东方太阳城景观湖实景图

3 综合效益

(1) 项目利用低影响开发设施替代管渠系统，投资成本与传统开发模式持平，大大提高了小区内涝防治能力。

(2) 每年利用雨水资源近 70 万 m^3 ，年径流总量控制率约 85%。

(3) 通过低影响开发设施有效控制径流污染，入湖径流雨水水质大大改善；人工土壤渗滤和湿地循环净化系统使湖水水质得到明显改善。

(4) 自然、生态设施的建设改善水体景观效果，为水生植物、动物提供了良好的栖息地。

案例四：北京经济技术开发区某道路低影响开发雨水系统建设项目

1 项目概况

北京经济技术开发区科创十七街东西走向，南靠凉水河，道路全长约 1.7 km，宽度为 34 m（不含道路两侧绿地）。

2 低影响开发雨水系统设计目标

道路实现年径流总量控制率大于 85%（设计降雨量大于 33.6 mm），可实现 3 年一遇重现期下道路雨水经调蓄后安全排放。

3 低影响开发雨水系统设计方案

由于西侧路段周围无建设项目，地下市政雨水排水管线不承担客水转输任务，因此本段道路地下无市政雨水管线，依靠道路横断面竖向设计及生物滞留带、植草沟、透水砖铺装实现道路径流调蓄与排放。无市政管线路段道路横断面设计如图 F4-13 所示。

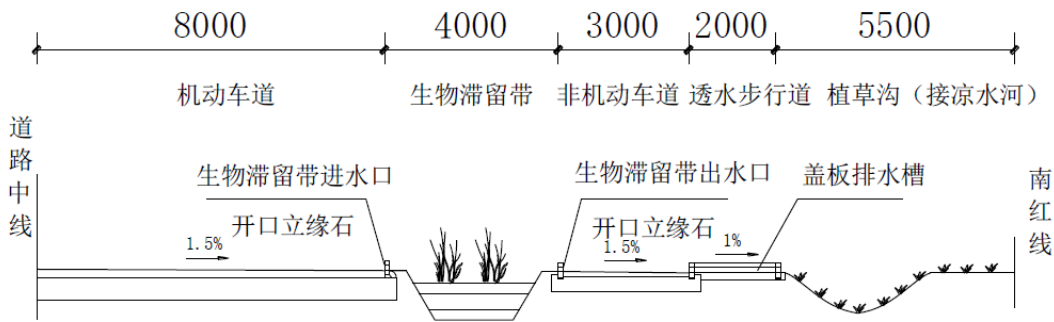


图 F4-13 无市政管线路段道路横断面设计方案

东侧路段有市政管线，生物滞留带溢流通过位于滞留带内的雨水口与市政雨水管线衔接。有市政管线路段道路横断面设计如图 F4-14 所示。

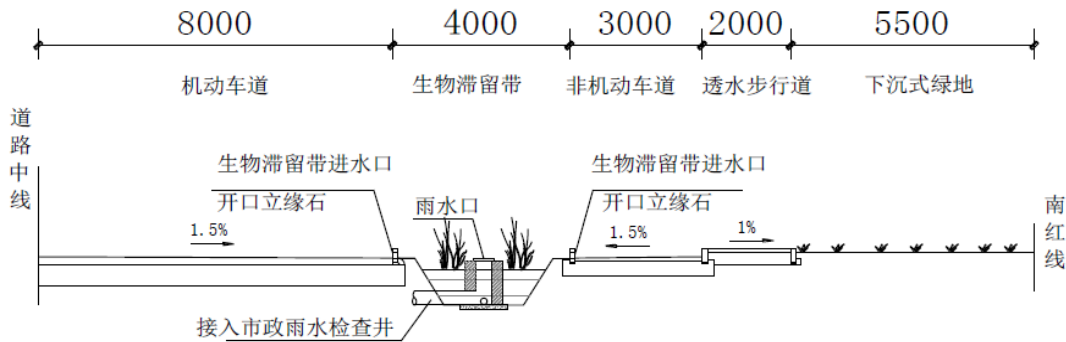


图 F4-14 有市政管线路段道路横断面设计方案

根据 85% 的年径流总量控制率目标，查本指南表 F2-1 得到对应的设计降雨

量 $H=33.6\text{ mm}$ 。参照本指南第四章表 4-3，用加权平均法计算道路的综合雨量径流系数 φ ：

$$\varphi = (\varphi_{\text{绿地}} F_{\text{绿地}} + \varphi_{\text{车行道}} F_{\text{车行道}} + \varphi_{\text{透水砖步行道}} F_{\text{透水砖步行道}}) / (F_{\text{绿地}} + F_{\text{车行道}} + F_{\text{透水砖步行道}}) = (0.15 \times 1700 \times 8 + 0.9 \times 1700 \times 22 + 0.4 \times 1700 \times 4) / (1700 \times 8 + 1700 \times 22 + 1700 \times 4) = 0.66。$$

根据本指南第四章式 (4-1)，计算得到该道路生物滞留带应具有调蓄容积即控制容积 V ：

$$V = 10H\varphi F_{\text{道路总面积}} = 10 \times 33.6 \times 0.66 \times 1700 \times 34 / 10000 = 1165.3\text{ m}^3。$$

$$\text{单位面积控制容积为 } V_{\text{单位面积}} = 10H\varphi = 10 \times 33.6 \times 0.66 = 221.8\text{ m}^3。$$

由于道路两侧 5.5m 宽的绿地径流雨水单独排放，不属于生物滞留带的汇水范围，故两侧绿地未参与以上单位面积控制容积的计算。

根据单位面积控制容积要求和道路横断面设计方案，该项目生物滞留带为复杂型生物滞留设施，结构层包含有人工填料净化层，顶部有效蓄水深度为 0.2 m，种植苗木选用马蔺和千屈菜。

该项目自 2011 年建成以来，运行效果良好，生物滞留带实景如图 F4-15 所示。



图 F4-15 科创十七街生物滞留带实景

4 综合效益

(1) 项目通过横断面优化设计，利用生物滞留带、植草沟等低影响开发设施调蓄、净化道路雨水，低影响开发雨水系统的实际年径流总量控制率大于 85% (对应的设计降雨量大于 33.6 mm)，道路排水综合设计重现期可达到 3 年一遇。

(2) 项目采用生物滞留带调蓄净化雨水，年径流污染削减量大于 75% (以 SS 计)，减少了因径流污染而带来的城市水环境污染。

案例五：北京经济技术开发区多功能调蓄公园项目

1 项目概况

北京经济技术开发区某多功能调蓄水体项目所在地块规划面积 7.6 hm²，原为沙坑及垃圾堆填区，杂填土较多且厚度不均，未经处理不宜作为建设用地。遵照经济开发区水资源和水环境发展战略，为充分利用雨水资源，提高区域排水防涝水平，本着充分利用现状和因地制宜的原则，拟将该地块建成为集雨水资源化利用、径流峰值流量调节和生态景观为一体的多功能调蓄水体公园。

2 低影响开发雨水系统设计方案

综合考虑多功能调蓄水体的调蓄能力、安全性和亲水景观效果等因素，确定该多功能调蓄水体汇水面积 110 hm²，常水位时水体面积 3.6 hm²，常水位至溢流水位间的储存容积为 31.4 万 m³，调蓄能力可达到 50 年一遇。

径流雨水进入多功能调蓄水体前首先经过前置塘的截污处理，可去除大颗粒无机物；为保障水体水质，还设置了多级湿地循环净化区。雨水不仅可以作为水体主要水源，多余雨水还可作为公园内绿化用水，雨水不足时，将采用中水补水，中水进入水体前将经过人工快渗滤池（中水湿地）的净化处理。多功能调蓄水体工艺流程如图 F4-16 所示。

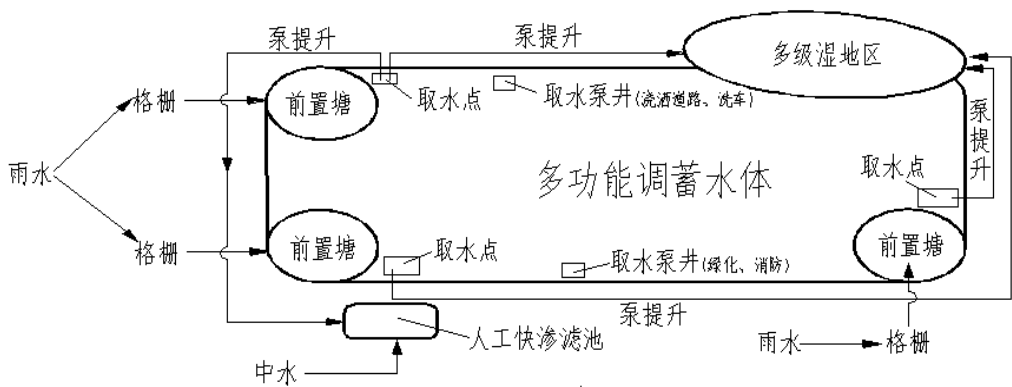


图 F4-16 多功能调蓄水体工艺流程示意图

该多功能调蓄水体作为区域排水防涝系统的重要设施，对提高区域内涝防治能力起到了重要作用，经受住了北京 2012 年“7.21”暴雨事件的考验。多功能调蓄水体公园实景如图 F4-17 所示。



图 F4-17 多功能调蓄水体公园实景

4 综合效益

- 通过水量平衡计算，多功能调蓄水体平均每年收集雨水 20 万 m^3 ，每年因节约绿化用水带来的经济效益可达到 70 余万元。
- 可有效削减径流污染物排放流量，有利于改善城市水环境和生态环境。
- 可提高区域排水防涝标准，较低内涝造成的损失。

案例六：上海某绿地雨水控制利用项目

1 松江区五厔学校湿地公园

松江区五厔学校是一所市级花园单位，下沉式绿地水景（雨水湿地）是五厔学校校园中的独特风景，始建于 2007 年。雨水汇集面积约 2000 m^2 ，主要汇集周边高处园路和绿地草坪等处的雨水，常年水体面积约 400 m^2 ，平均深度 0.8 m ，最大蓄水量 480 m^3 ，汇水面植物以草坪为主，水体边缘间隔放置石块，搭配种植再力花、香蒲、鸢尾、睡莲等水生植物，蓄水池底为泥土，周边有少量石子。水生植物、石块、石子等的配置，为改善水质起了重要作用。经检测水质达到了地表水环境质量标准（GB3838-2002）Ⅴ类水的限定值指标要求。图 F4-18 是雨水湿地实景图。



图 F4-18 雨水湿地实景图

2 浦东桃林下沉式景观水体

浦东桃林公园的园路为透水性彩色沥青路面。透水性彩色路面采用高粘度浅色结合料，铺设厚度为 4 cm ，压实后混合料空隙率达 20% ；雨水可迅速渗入而排入边沟中，最终汇入水景。通过铺设透水性彩色沥青路面，不仅改善了水质，解决了路面积水的问题，而且为下沉式绿地水景提供了洁净的水资源，使雨水收集得到了综合利用；还大大提高了景观的观赏性。图 F4-19 和 F4-20 分别是透水性彩色沥青路面和下沉式景观水体（湿塘）实景图。



图 F4-19 透水性彩色沥青路面实景图



图 F4-20 下沉式景观水体实景图

案例七：乌鲁木齐经济技术开发区某道路低影响开发雨水系统建设项目

1 项目概况

乌鲁木齐经济技术开发区（头屯河区）西山路道路等级为城市主干路，南北走向，全长0.84 km，道路断面宽50 m，组成为：4 m中央绿化带+2 m×12 m机动车道+2 m×5 m绿化带+2 m×6 m人非混行道，道路纵坡2.8%，横坡1.5%，人非混行道横坡1%。机动车道为沥青混凝土路面，人非混行道路面为普通花砖铺砌。

2 低影响开发雨水系统设计目标

该道路为“乌鲁木齐市建设科技项目——雨水利用在道路绿化带设计中的应用研究”的示范工程之一，该工程将通过雨水下渗实现道路年径流总量控制率85%（对应的设计降雨量为13 mm），2年一遇重现期下道路雨水经调蓄后安全排放，并提高绿化带土壤保水量，降低绿化用水量。

3 低影响开发雨水系统设计方案

将道路两侧5 m宽绿化带建设为生物滞留带，低于路面0.15 m，采用道路立缘石豁口的方式将机动车道雨水径流引入绿化带，并设置过滤池对路面初期雨水进行截污；人非混行道雨水径流直接进入绿化带。

由于不承担客水转输任务，因此本段道路地下无市政雨水管线，依靠道路竖向设计及生物滞留带实现道路径流调蓄与排放，土壤饱和后的下渗雨水及溢流雨水通过溢流井排入市政污水管线。道路横断面设计如图F4-21所示，生物滞留带构造如图F4-22所示。

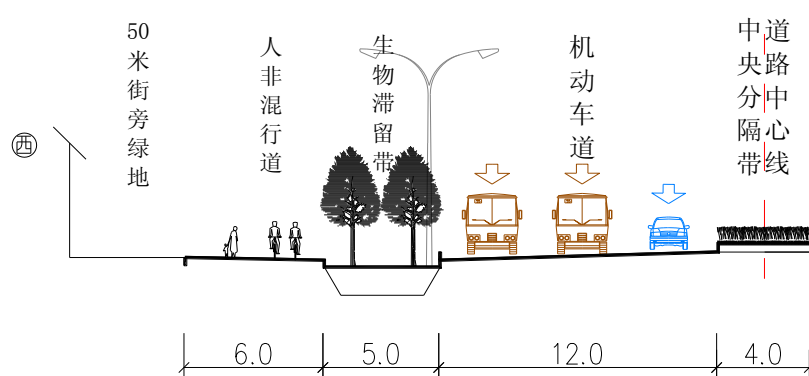


图 F4-21 道路横断面设计方案

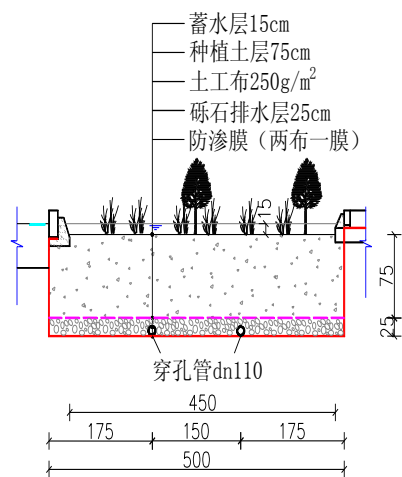


图 F4-22 生物滞留带构造

4 综合效益

(1) 项目利用生物滞留带渗透、净化道路雨水，道路低影响开发雨水系统的实际年径流总量控制率大于 85%，道路排水综合设计重现期标准达到 2 年一遇；由于有效利用了道路雨水，可有效降低绿化带绿化需水量。

(2) 项目年径流污染削减量大于 75%（以 SS 计），减少了因径流污染而带来的城市水环境污染。

附录 5 相关规范

本技术指南引用了下列标准规范中的有关条款。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本技术指南。

- | | | |
|------|-----------|-----------------|
| (1) | GB50014 | 室外排水设计规范 |
| (2) | GB50318 | 城市排水工程规划规范 |
| (3) | GB50400 | 建筑与小区雨水利用技术规范 |
| (4) | GB/T50596 | 雨水集蓄利用工程技术规范 |
| (5) | GB/T50378 | 绿色建筑评价标准 |
| (6) | GB50345 | 屋面工程技术规范 |
| (7) | GB/T50563 | 城市园林绿化评价标准 |
| (8) | GB50773 | 蓄滞洪区设计规范 |
| (9) | GB/T50805 | 城市防洪工程设计规范 |
| (10) | CJJ37 | 城市道路工程设计规范 |
| (11) | CJJ48 | 公园设计规范 |
| (12) | CJJ/T135 | 透水水泥混凝土路面技术规程 |
| (13) | CJJ/T190 | 透水沥青路面技术规程 |
| (14) | CJJ/T188 | 透水砖路面技术规程 |
| (15) | CJJ194 | 城市道路路基设计规范 |
| (16) | CJJ1 | 城镇道路工程施工与质量验收规范 |
| (17) | CJJ82 | 园林绿化工程施工及验收规范 |
| (18) | JGJ155 | 种植屋面工程技术规程 |
| (19) | DB11/685 | 雨水控制与利用工程设计规范 |

主编单位： 北京建筑大学

参编单位： 住房和城乡建设部城镇水务管理办公室

中国城市规划设计研究院

深圳市城市规划设计研究院有限公司

中国城市建设研究院有限公司

北京市园林古建筑设计研究院有限公司

上海市绿化管理指导站

北京市市政工程设计研究总院有限公司

中国城市科学学会

北京泰宁科创雨水利用技术股份有限公司

主要起草人： 李俊奇、车伍、张雅君、王建龙、王文亮、赵杨、宫永伟、王思思、徐慧纬、任心欣、谢映霞、朱志红、陈玮、牛璋彬、高伟、王家卓、和坤玲、杨京生、白伟岚、蔡然、王瑛、吕志成、冯萃敏、许萍、潘晓军

主要审核人： 张杰、杨敏、杭世珺、汪科、韩炳越、郑克白、俞士静、柴宏祥、王贤萍、王磐岩、强健、聂大华、曾思育、黄谦、车生泉、张悦、章林伟、曹燕进、王春香、赵杰、严盛虎