

西咸新区海绵城市建设 —低影响开发技术指南（试行）

陕西省西咸新区开发建设管理委员会
陕西省西咸新区沣西新城管理委员会
北京雨人润科生态技术有限责任公司

2016年04月

组 织 单 位：陕西省西咸新区规划局

主 编 单 位：北京雨人润科生态技术有限责任公司

参 编 单 位：陕西省西咸新区沣西新城海绵城市技术中心

主 编：车 伍 邓朝显 梁 东

主要参编人员：梁行行 赵 杨 俞波睿 石战航 刘 强

李贞子 何洪昌 林 聪 刘飞涛 张 哲

徐 诚 赵思宇 陈 炯

主要审查人员：李肇娥 刘宇斌 甘 旭 刘海龙 张德跃

陈考学 职建民 朱晓娟

参 加 人 员：刘 昭 王江丞 袁 萌 马 越 姬国强

马 笑 王 芳 谢碧霞 闫 咪 朱 芮

目 录

1 前言.....	1
2. 总则.....	2
2.1 编制目的.....	2
2.2 适用范围.....	2
2.3 海绵城市低影响开发遵循原则.....	3
2.3.1 尊重自然、生态优先.....	3
2.3.2 规划引领、目标统筹.....	3
2.3.3 因地制宜、技术适用.....	3
2.4 规范性引用文件.....	3
3. 西咸新区相关基础条件.....	6
3.1 区域概况.....	6
3.2 西咸新区水文地质状况.....	6
3.2.1 水文条件.....	6
3.2.2 地质状况.....	7
3.3 西咸新区暴雨强度公式以及气象特征.....	8
3.3.1 暴雨强度公式.....	8
3.3.2 气象特征.....	8
3.4 西咸新区排水（雨水）系统现状.....	9
3.4.1 雨水工程专项规划.....	9
3.4.2 排水防涝综合规划.....	9
3.5 西咸新区低影响开发应用现状.....	11
4. 西咸新区低影响开发雨水系统构建总体技术路线与目标.....	12
4.1 西咸新区主要面临的问题.....	12
4.1.1 水资源问题.....	12
4.1.2 水安全问题.....	12
4.1.3 水环境问题.....	13
4.2 西咸新区低影响开发适宜性分析.....	13
4.3 西咸新区推进低影响开发雨水系统的难点与挑战.....	14

4.3.1	湿陷性黄土地区自然渗透的挑战.....	14
4.3.2	水资源缺乏地区雨水回用的需求.....	14
4.3.3	冬季寒冷区域透水设施的冻融影响.....	15
4.3.4	风沙对低影响开发设施养护要求.....	15
4.4	低影响开发雨水系统构建总体技术路线.....	15
4.5	低影响开发雨水系统总体目标.....	16
4.6	低影响开发雨水系统具体控制指标.....	18
4.6.1	指标选择.....	18
4.6.2	径流总量控制指标.....	18
4.6.3	径流污染控制目标.....	19
4.6.4	径流峰值控制目标.....	19
4.6.5	雨水收集利用率.....	20
5	西咸新区低影响开发雨水系统规划指引.....	21
5.1	一般规定.....	21
5.2	低影响开发雨水系统与相关规划关系.....	21
5.3	总体规划.....	22
5.4	专项规划.....	23
5.4.1	生态规划.....	23
5.4.2	城市水系规划.....	23
5.4.3	绿地规划.....	24
5.4.4	排水防涝规划.....	25
5.4.5	道路交通规划.....	25
5.4.6	城市防洪规划.....	26
5.4.7	环境保护规划.....	27
5.5	详细规划.....	27
5.5.1	控制性详细规划.....	27
5.5.2	修建性详细规划.....	28
6	西咸新区低影响开发雨水系统设计指引.....	29
6.1	一般规定.....	29

6.2	低影响开发雨水系统设计流程.....	29
6.3	低影响开发雨水系统不同用地类型设计要点.....	31
6.3.1	新建建筑与小区.....	31
6.3.2	建筑与小区改造.....	35
6.3.3	市政道路.....	39
6.3.4	开放空间.....	44
6.4	低影响开发雨水系统单项技术措施设计要点.....	46
6.4.1	初期弃流.....	46
6.4.2	雨落管断接技术.....	47
6.4.3	绿色屋顶.....	50
6.4.4	下沉式绿地.....	52
6.4.5	生物滞留设施.....	53
6.4.6	透水铺装.....	55
6.4.7	渗透塘.....	60
6.4.8	渗透管渠.....	61
6.4.9	渗井.....	62
6.4.10	植草沟.....	64
6.4.11	雨水塘.....	66
6.4.12	雨水湿地.....	67
6.4.13	多功能调蓄设施.....	69
6.4.14	生态驳岸.....	70
7	运行维护.....	72
7.1	运行维护主体.....	72
7.2	低影响设施的运行维护.....	72
7.3	低影响设施的水质及安全保障.....	76
7.3.1	水质保障.....	76
7.3.2	安全保障.....	76
8	管理机制.....	77
8.1	管理主体.....	77

8.2 项目立项.....	77
8.3 项目可行性研究.....	77
8.4 方案设计.....	78
8.5 施工图设计.....	78
8.6 竣工验收.....	79
8.7 保障措施.....	79
8.8 其他规定.....	79
附录:	80
1 术语与定义.....	80
2 植物选取与维护.....	82
2.1 植物选择的一般性原则.....	82
2.2 养护、维护一般原则.....	83
2.3 植物配置一览表.....	83
3 低影响开发设施计算.....	86
3.1 一般计算.....	86
3.1.1 容积法.....	86
3.1.2 流量法.....	86
3.1.3 水量平衡法.....	87
3.2 以渗透为主要功能的设施规模计算.....	87
3.3 以储存为主要功能的设施规模计算.....	88
3.4 以调节为主要功能的设施规模计算.....	88
3.5 调蓄设施规模计算.....	89
3.6 以转输与截污净化为主要功能的设施规模计算.....	89
4 低影响开发设施建设费用估算.....	90

1 前言

2013 年习近平总书记提出“建设自然积存、自然渗透、自然净化的海绵城市”，2015 年，西咸新区沣西新城核心区成为“海绵城市”第一批试点城市之一。西咸新区位于陕西省西安市与咸阳市建成区之间，属于温带大陆性季风型半干旱、半湿润气候区，水资源短缺，工程型缺水与水质型缺水并存，夏季降雨集中，雨量大，频次高，且多以暴雨形式集中降落，现状雨水管渠系统的覆盖率和标准均偏低，且地势平坦，渭河、沣河等大型河流防洪堤普遍高于地面，防洪排涝压力大。同时，随着城市的发展，城市雨水径流污染对西咸新区河网水质的影响也日趋显现。低影响开发技术是海绵城市建设的重要组成部分，可最大限度减少城市化对原有水文生态过程的影响，是综合解决城市多重雨洪问题的有效手段。当前，西咸新区已在多个建筑小区、道路、公园等开展低影响开发雨水系统的试点建设工作，但尚未有指导城市整体应用的规划设计规范或手册。为引导、促进和规范西咸新区低影响开发技术的发展，探索在西北湿陷性黄土地区低影响开发雨水系统的建设方式和技术优化，为低影响开发在我国西北地区的推广提供借鉴，特制定《西咸新区海绵城市低影响开发技术指南》（以下简称指南）。

指南主要内容包括总则、西咸新区相关基础条件、西咸新区低影响开发雨水系统构建总体技术路线与目标、规划指引、设计指引、运行维护、管理机制，共八章。

本指南由陕西省西咸新区沣西新城管理委员会负责管理，西咸新区沣西新城海绵技术中心负责技术解释。请各单位在使用过程中，总结实践经验，提出意见和建议。

2. 总则

2.1 编制目的

为有效保护和改善西咸新区城市水生态环境,大力推进西咸新区“海绵城市”建设,控制径流污染,减轻防洪排涝压力,充分利用雨水资源,规范城市低影响开发规划、设计和实施管理,特制定本技术指南。

2.2 适用范围

本指南的适用范围为西咸新区市域内市政道路、建筑与小区、集中绿地、河道水系等不同用地低影响开发雨水系统构建的指导性文件。新区内新建、改建、扩建建设项目应按本指南要求配套建设相应规模的低影响开发雨水系统工程或设施。除符合本指南外,尚应符合国家、地方和行业的相关标准、规范及指南的规定。

低影响开发理念的提出,最初强调分散式、小型化的源头控制措施,但随着低影响开发理念及技术的不断发展,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。因此,本指南针对的低影响开发技术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,不仅包括二级开发地块内部的生物滞留(雨水花园)、绿色屋顶、植草沟等分散式、小型化生态雨水设施,同时包括城市和市政尺度上的大规模生态沟渠,末端的雨水湿地等大尺度绿色基础设施。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,维持或恢复城市的“海绵”功能。

以下地区的建设项目应注意:

(1) 特殊污染源地区(如地面易累积污染物的化工厂、原农药厂、金属冶炼加工厂、传染病医院、油库、加油加气站等)新建、改建及扩建建设项目如需建设低影响开发设施的,除适用本技术指南外,还应开展环境影响评价,避免对地下水、周边水体造成污染。

(2) 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易造成危害的场所,其他有安全隐患场地应考虑安全因素对低影响开发设施的影响。

(3) 严重的自重型湿陷性黄土场地应结合地质勘察报告，综合评估低影响开发雨水系统的建设可能引发的土壤塌陷所带来的安全隐患，规划设计除适用本指南外，还应满足《湿陷性黄土地区建筑规范》等相关规范的安全要求。

2.3 海绵城市低影响开发遵循原则

2.3.1 尊重自然、生态优先

城市开发建设应尊重自然，保护河流、湖泊、湿地、坑塘、绿地等自然设施，优先利用自然排水系统与低影响开发设施，通过雨水的自然积存、自然渗透、自然净化，实现建设区域内年均雨水径流外排量和峰值流量不大于建设前，提高水生态系统的可持续循环能力，构建城市良好的生态功能。

2.3.2 规划引领、目标统筹

低影响开发雨水系统规划涉及城市总体规划、控制性详细规划、排水防涝规划等规划要求，做到规划引领、目标统筹。以不同区域不同地块具体建设指标为目标，构建符合规划要求的低影响开发雨水系统、传统雨水管网系统以及超标雨水蓄排系统，实现西咸新区整体雨洪控制综合目标。

2.3.3 因地制宜、技术适用

低影响开发雨水系统构建应根据西咸新区自然地理条件、水文地质特点、水资源状况、降雨规律、内涝防治等要求，合理确定低影响开发控制目标与指标；基于不同区域本底特性，选用适用于本地的绿色屋顶、下沉式绿地、植草沟、雨水湿地、渗透铺装、多功能调蓄等低影响开发设施、绿色植被及其组合系统。

2.4 规范性引用文件

本技术指南引用了下列标准规范中的有关条款，下列规范标准的最新版本适用于本指南。

《中华人民共和国城乡规划法》

《中华人民共和国环境保护法》

《国家节水型城市考核标准》

《国家生态园林城市标准》

《生态县、生态市、生态省建设指标（修订稿）》

《中国绿色生态城区发展战略》

《城市道路交通规划设计规范》 GB50220

《城市道路绿化规划与设计规范》 CJJ75

《城市用地分类与规划建设用地标准》 GB50137

《建筑与小区雨水利用工程技术规范》 GB50400

《室外排水设计规范》 GB50014

《城市排水工程规范》 GB50318

《建筑给水排水设计规范》 GB50015

《城镇给水排水技术规范》 GB50788

《建筑与小区雨水利用技术规范》 GB50400

《城市绿地设计规范》 GB50420

《屋面工程技术规范》 GB50345

《滞蓄洪区设计规范》 GB50773

《给水排水构筑物施工及验收规范》 GB50141

《给水排水管道工程施工及验收规范》 GB50268

《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》 GB50242

《城市道路交通规划设计规范》 GB50220

《湿陷性黄土地区建筑规范》 GB50025

《地表水环境质量标准》 GB3838

《地下水质量标准》 GB/T14848

《城市防洪工程设计规范》 GB/T50805

《绿色建筑评价标准》 GB/T50378

《雨水集蓄利用工程技术规范》 GB/T50596

《城市园林绿化评价标准》 GB/T50563

《透水路面砖和透水路面板》 GB/T25993

《城市道路工程设计规范》 CJJ37

《城市道路路基设计规范》 CJJ194

《城市道路绿化规划与设计规范》 CJJ75

《城市道路工程施工与质量验收规范》 CJJ1

《透水水泥混凝土路面技术规程》 CJJ/T135

《透水砖》 JC/T945

《透水砖路面技术规程》 CJJ/T188

《透水沥青路面技术规程》 CJJ/T190

《公园设计规范》 CJJ48

《园林绿化工程施工及验收规范》 CJJ82

《建筑屋面雨水排水系统设计规程》 CJJ142

《种植屋面工程技术规程》 JGJ155

《人工湿地污水处理工程技术规范》 HJ2005

《雨水综合利用》 10SS705

《雨水口》 05S518

《市政排水管道工程及附属设施》 06MS201

《城市道路-透水人行道铺设》 05MR204

《海绵城市建设技术指南—低影响开发雨水系统构建》（试行）

《陕西省西咸新区城市规划管理技术规定（试行）》

《陕西省新型城镇化规划（2014-2020年）》

《陕西省西咸新区海绵城市建设试点三年实施计划修改稿》

《西咸新区生态滤沟系统设计指南》（试行）

《西咸新区雨水花园系统设计指南》（试行）

3. 西咸新区相关基础条件

3.1 区域概况

西咸新区位于西安、咸阳两市建成区之间，西起茂陵及涝河入渭口，东至包茂高速，北至规划中的西咸环线，南至京昆高速，规划控制区总面积 882 平方公里，建设用地 272 平方公里。

沣西新城位于沣河以西、渭河以南，是西咸新区的重要组成部分。包括户县的大王镇，长安区的马王街道、高桥乡，秦都区的钓台、陈杨寨街道，总面积 143.17 平方公里，其中建设用地 64 平方公里，非建设用地 79 平方公里。

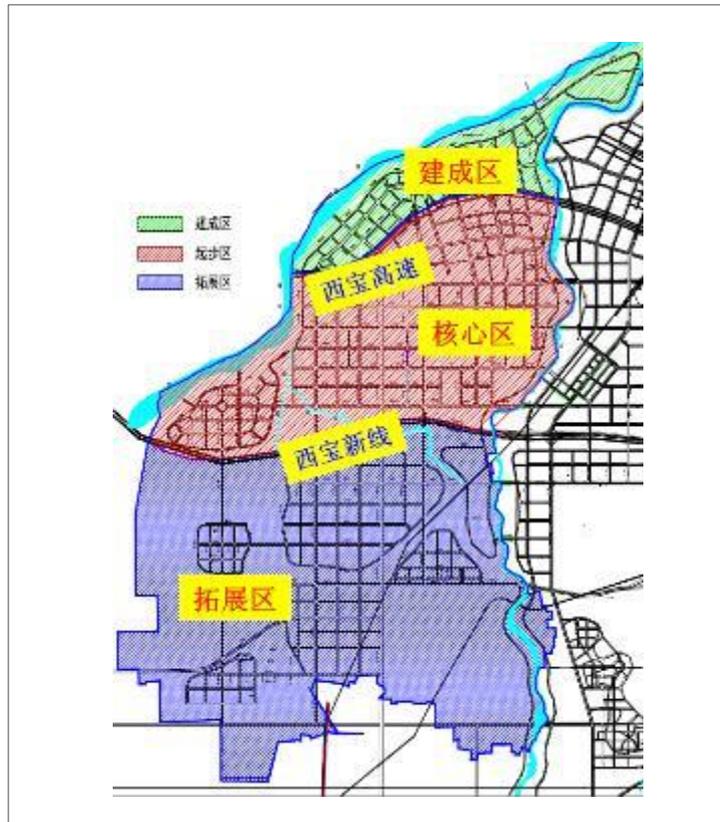


图3-1 西咸新区区域范围概况

3.2 西咸新区水文地质状况

3.2.1 水文条件

区域内主要河流包括渭河、沣河、新河、沙河。

渭河发源于甘肃省渭源县鸟鼠山，自西向东流经陕西省。渭河西安段全长 140.6 km，其中渭河沔西新城段西起户县涝河入渭口以东，东至西安市福银高速公路渭河大桥，全长 3.87 km。依据《陕西渭河中游干流防洪工程可行性研究报告》和《西安沔渭新区河道治理规划》，渭河沔西新城段防洪标准为：涝河口至沙岭村(西咸交界)为渭河 100 年一遇洪水设防，沙岭村以东为渭河 300 年一遇洪水设防。

沔河发源于秦岭北麓西安市长安区喂子坪乡，由南向北流经户县秦渡镇，于咸阳市秦都区沔东镇渔王村北汇入渭河。沔河沔渭新区段上起 108 国道沔河桥，下至沔河入渭口，全长约 21.8km。依据陕西水环境工程勘察设计院编制的《西安沔渭新区河道治理规划》，沔河沔渭新区段防洪标准为 100 年一遇洪水设防，设计洪峰流量为 1820 m³/s，入渭口段按渭河 100 年一遇洪水校核。

新河发源于秦岭北麓浅山区，自南向北流经户县的石井、余下、五竹、苍游、大王等乡镇，于咸阳秦都区钓台镇东江渡村进入咸阳市境内，经曹家庄、王道村，于马家寨村入渭河。新河沔渭新区段上起 108 国道新河桥，下至新河入渭口，全长约 7.5 km。依据陕西水环境工程勘察设计院编制的《西安沔渭新区河道治理规划》，新河沔渭新区段防洪标准为 50 年一遇洪水设防，设计洪峰流量为 290 m³/s，入渭口段按渭河 100 年一遇洪水校核。

沙河为一条分流沔河洪水的人工河道，全线位于规划区域内。分洪口位于 108 国道沔河桥下游左岸约 50m 处，在王道村西注入新河，全长约 9.3km。依据陕西水环境工程勘察设计院编制的《西安沔渭新区河道治理规划》，沙河作为沔河的分洪渠，按分洪流量 575 m³/s 确定防洪标准。

3.2.2 地质状况

西咸新区分为 2 个工程地质区。低阶工程地质区：包括渭河河谷的高漫滩工程地质亚区和一级阶地工程地质亚区，地基土由全新世冲积粘土、砂土组成。高阶地工程地质区：包括渭河河谷二级阶地工程地质亚区和三级阶地工程地质亚区，主要由晚更新世风积黄土冲积粘土、砂土组成。

沔西新城属关中平原，地处新生代渭河断陷盆地中部西安凹陷的北侧，地势平坦，土地肥沃，农业灌溉条件优越。沔河沿西边界由南向北贯穿整个规划区，

主要为渭河河谷阶地。渭河河谷阶地主要包括以下几类：现状渭河河道，渭河漫滩分为低漫滩和高漫滩，以及渭河一、二、三级阶地，地势相对平坦。

沣西新城地处华北地台南缘，渭河断陷盆地中部，地跨西安凹陷与咸阳凸起两个次级构造单元交汇处。据国家地震局资料，西安凹陷与咸阳凸起以渭河断陷为界，前者为渭河谷底，后者属于黄土台塬。新生代以来，区内以垂直升降运动为主，沉积了巨厚的新生代地层。影响用地主要断裂有两组：渭河东西向断裂组主要沿渭河南北两岸分布；渭河北西向断裂组主要分布于关中东部，历史上曾有频繁的地震活动记载。指南编制前期主要针对白马河路、丰润和园、风景路、总部经济园、康定路的土壤类型进行初步调研，地下水位多在地下 7.6~15m 之间，土质多由表层杂植土和黄土构成。

3.3 西咸新区暴雨强度公式以及气象特征

3.3.1 暴雨强度公式

$$q = \frac{2785.833(1 + 1.1658 \lg P)}{(t + 16.813)^{0.9302}}$$

式中： q ——设计暴雨强度[L/(s·hm²)];

P ——设计重现期（年）;

t ——降雨历时（min）， $t=t_1+t_2$;

t_1 ——起点集水时间，取 10~25min;

t_2 ——管内雨水流行时间（min）。

3.3.2 气象特征

西咸新区属温带大陆性季风型半干旱、半湿润气候区。在大气环流和地形综合作用下，夏季炎热多雨，冬季寒冷干燥，四季干、湿、冷、暖分明。全年光照总时数 1983.4 小时，年平均气温 13.6℃，最热月份为 7 月，月绝对最高气温可达 43℃；最冷月份为 1 月份，绝对最低气温为-19℃。年平均相对湿度 74%，冬季相对湿度 0.2~0.3 之间，为干旱期，9、10 两月相对湿度在 1.4~1.8 之间。西咸新区历年各月风向以西风为主，平均风速 1.5m/s，最大风速 17 m/s，冬季历史上最大积雪厚度 24cm，历史上最大冻土深度 19cm，无霜期 219 天。根据秦都区国家基本气象站 1960-2014 年日最大降雨量和 1981-2010 年月平均降雨量的统计分析，西咸新区多年平均降水量约 520 mm，其中，7~9 月降雨量占全年降雨量的

50%左右,且夏季降水多以暴雨形式出现,易造成洪、涝和水土流失等自然灾害。西咸新区区内尚未建立气象或水文站,为更好地监测和检验低影响开发雨水系统的建设效果,有必要尽快设置具有气象水文、水质及地下水位监测功能的综合检测站。

3.4 西咸新区排水(雨水)系统现状

3.4.1 雨水工程专项规划

西安市政设计研究院有限公司于2014年6月编制完成《陕西省西咸新区沣西新城雨水工程专项规划》,结合沣西新城现状及规划建设实施顺序,将规划区域划分成三个分区,即建成区、起步区、拓展区。建成区即西宝高速以北区域,该区域雨水均排入渭河,雨水干管系统和排水出口均已形成,满足区域排水要求。近期该区域维持现状,该规划对现状雨水管网予以保留。起步区即新老西宝高速之间、新河以东区域,该区域雨水干管系统还未形成。该规划将起步区雨水划分为四个流域系统,即:渭河流域、沣河流域、白马河流域和绿廊排水系统。拓展区即新西宝高速以南及新河以西区域,该区域雨水系统尚未开始建设,属新规划区域。规划将区域雨水就近分散排除,该区域雨水划分为三个流域系统,即新河流域、沙河河流域和沣河流域。规划区综合径流系数取值 $\psi=0.6$,集中绿地取值 $\psi=0.2$ 。设计重现期为 $P=2.0\sim 3.0$ 年。一般和较重要地区: $P=2.0$ 年,如学校和文化区;重要地区: $P=3.0$ 年,如行政办公、商业金融、医疗卫生及仓储区。

同时,该规划考虑了雨水资源利用的必要性和途径。规划认为城市雨水资源的利用有三种基本形式:1、雨水收集、处理和回用;2、雨水下渗;3、雨水调控排放。雨水资源利用的具体措施有三种:1、雨水储存利用措施,包括将泵站调蓄池做成湿地,沿道路修建种植池,住宅小区修建地下储水池,住宅小区建成绿色屋顶,大型建筑物屋顶修建蓄水池等;2、雨水下渗利用措施,包括修建透水路面,道路绿带采用生态滤沟,草坪做下凹式绿地,立交桥下设生态草沟,利用天然洼地设渗透池,道路绿带下凹等;3、雨水调控排放措施,即在排水系统中间设置中间调蓄池,在排水系统末端设置末端调蓄池。

3.4.2 排水防涝综合规划

西安市政设计研究院有限公司编制完成的《陕西省西咸新区沣西新城排水(雨水)防涝综合规划》目标包括:1、发生城市雨水管网设计标准以内的降雨时,地面不应有明显积水;2、发生城市内涝防治标准以内的降雨时,城区道路

不能出现积水超过 15cm；3、发生超过城市内涝防治标准的降雨时，城市运转基本正常，不得造成重大财产损失和人员伤亡。

该规划研究明确控制标准应结合低影响开发要求，按照“渗、蓄、排”的顺序规划建设城市防涝系统，注重源头控制。该规划研究将沔西新城的防涝重现期按照 50 年一遇的降雨考虑。

排涝总体上分为河堤内防涝和河堤外防洪两部分。1、河堤内防涝：在河流不出现洪水时，河堤内发生降雨的情况，降雨量小于等于 3~4 年重现期的雨水通过河堤内的排水管道、防洪渠重力流排入水体，从而避免发生内涝；当出现 4~50 年重现期的降雨时，河堤内的降水通过地面汇流至雨水管道和行泄通道中，通过重力流或压力流排入河流水体。2、在河流出现洪水时，河堤内发生降雨的情况，雨水在地面汇流后通过排水管道、防洪渠等汇集至排水出口，此时由于受到河流水位上升对出水口造成顶托，无法重力流排放，需通过设置在出水口处的防涝泵站提升后强排。在河流出现洪水时，河堤外的洪水可能通过现有的防洪堤进入城区内，与城区内的降水共同作用形成内涝，为了防止上述情况的发生，需根据防洪规划对河道沿线的河堤和河道按照防洪专项规划要求进行治理，使其达到防洪的作用。

该规划结合总体规划、地形、河流及绿地情况，共分成 10 个防涝分区，并由雨水管道、行泄通道、排洪沟、蓄涝区、排涝泵站共同构成了沔西新城排涝体系。



图3-2 西咸新区规划范围示意图

3.5 西咸新区低影响开发应用现状

西咸新区一直重视开展雨水综合利用的相关工作，2011年率先提出“地域性雨水管理体系”的理念，开展包括《陕西省西咸新区沔西新城雨水工程专项规划》等相关规划研究；并在2012年初，西咸新区沔西新城管委会与西安理工大学、西安市政设计研究院联合开展了《沔西新城雨水净化与利用技术研究与应用》；同时在同德佳苑、环形公园等地开展低影响开发雨水综合控制利用的试点项目探索；2015年沔西新城核心区被列入国家海绵城市试点城市，一系列低影响开发雨水系统工程正在规划建设中。本指南为西咸新区低影响开发技术的整体应用提供规范性指导，促进低影响开发在西咸新区进一步的推广实施。

4. 西咸新区低影响开发雨水系统构建总体技术路线与目标

4.1 西咸新区主要面临的问题

4.1.1 水资源问题

随着沣西新城近年及未来快速推进发展，城市街道、住宅和大型建筑物使城区的不透水面面积最高可达 90% 以上，城市的发展改变了原来的生态环境，地面硬化后丧失了天然的蓄水功能，使得原本可以渗透的雨水被集中快速排放，导致雨水径流量增大，使得相同的降雨量，城区产生的径流量比农村地区要大得多，减少了区域水资源的补给，最终将导致城市水资源短缺问题。

4.1.2 水安全问题

(1) 暴雨集中，内涝频繁

沣西新城属半干旱半湿润大陆性季风型气候区，四季冷暖干湿分明，降雨多集中在 7、8、9 三个月内，雨季极易产生雨洪灾害，据最新资料分析发现，咸阳市暴雨、洪水发生频率呈上升趋势。渭河洪水主要由上游暴雨区和中游暴雨区形成，历史上曾发生多次洪涝灾害。2003 年 8 月底至 10 月初，渭河连续发生五次洪峰，8 月 30 日 21 时，咸阳水文站实测最大洪峰流量 $5340\text{m}^3/\text{s}$ ，这是自 1981 年以来发生的最大洪水。规划范围内，仅建成区有现状雨水管道，多数管道混接污水，管道埋深较浅，淤积严重。近年来随着城市建成区面积的不断扩大，地面硬化面积不断增加，现状雨水管道已经无法满足排涝要求。

(2) 防洪标准偏低，防洪压力大

大多数发达国家和地区城市排水管网标准较高，内涝和防洪标准基本一致，美国的排水标准是居住区 2~15 年，一般取 10 年；商业和高价值区域 10~100 年；欧盟的标准是农村地区 1 年、居民区 2 年、城市中心/工业区/商业区 5 年、地下铁路/地下通道 10 年，可保障城市在没有洪灾的条件下城市不会发生内涝灾害。目前我国现行规范中城镇排水标准为 1~3 年，根据现状管线普查，沣西新城建成区的排水管网仍以 1 年以下为主，标准明显偏低；同时内涝设计标准缺失，难以支撑排水、内涝防治和防洪体系的衔接。

(3) 水质无法保证，供水安全受到威胁

西咸新区位于关中盆地平原区，多年平均水资源总量约为 17523m^3 。区内现状供水以地下水为主，少量建成区范围内的城市生活、工业用水主要由西安、咸阳两市自来水公司供给，其余大部分地区居民就近打井、分散取水。农灌用水主要靠灌溉工程和当地地下水。水环境恶化的日益加剧，以及地表面源污染的不断

扩大，都会直接或者间接影响水源地水质，供水水质无法得到保障，工业生产和城市居民的身体将受到一定程度的影响。

4.1.3 水环境问题

(1) 水体污染严重，影响城市功能品质

随着城市的发展，工农业等生产活动的增加，沔西新城规划区内水体水质污染情况日益严重。由于城镇污水处理率不高，大部分未经处理的城镇生活污水直接或间接排入河流，加之农田化肥的使用、水土流失等面源污染也加剧了水体水质的恶化。渭河水体发黑发臭，河流污染严重。主要污染物是石油类、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、挥发酚、 BOD_5 和高锰酸盐指数等，属有机污染，是农业、造纸、酿造业及城镇人口不断增加等因素综合作用的结果。

(2) 初期雨水未处理，面源污染严重

初期雨水携带了较大比例的污染负荷，给河流水体带来的污染不可忽视。城市的快速扩张导致硬质化地面比例大大增加，加之管网系统建设滞后，导致初期雨水无法得到有效的截留和处理而直接进入受纳水体。沔西新城规划区范围内现有大量农田，农作物生长需要使用的化肥农药，成为面源污染的重要来源之一，使周边的河湖水质污染进一步加剧。

(3) 污水处理率低，再生水未得到有效利用

规划区现状污水收集系统不完善，污水干管系统没有完全形成，部分已建成的污水管道排放能力无法满足现状需求，且存在部分合流管道。无管网覆盖地区，污水多以散排的形式就近排入农田、渗渠或水体，严重污染河流。规划区目前尚未对污水再生回用。随着城市需水量的增加，非常规水资源将不可避免地成为新区重要的水源之一。

4.2 西咸新区低影响开发适宜性分析

(1) 沔西新城属半干旱半湿润大陆性季风型气候区，四季冷暖干湿分明，年平均相对湿度 74%，其中，冬季相对湿度在 0.2~0.3 之间，为干旱期，9、10 两月相对湿度在 1.4~1.8 之间，降水量明显大于蒸发量。自然降水量年际变化大，季节分配不匀，冬季相对较少，雨量多集中在 7、8、9 月份，其中 9 月份降水最大。雨季易造成洪涝和水土流失等自然灾害，冬季则干旱缺水，适于采用 LID 设施进行降雨总量和峰值雨量的调控，尽可能将降雨在源头上进行渗、滞、蓄、净、用、排，以平衡区域水资源。

(2) 生态条件：区域内包括了渭河、沔河、新河、沙河四条主要河流，区域内主要为渭河河谷阶地，包括现状渭河河道，渭河漫滩分为低漫滩和高漫滩，

以及渭河一、二、三级阶地，地势相对平坦。有利于 LID 设施的系统设置，有助于实现沔西新城现代田园城市的总目标。规划区内独树一帜的“翡翠项链”，即长约 6.5km、宽 500m 左右的自然绿廊，以及占地 1km² 的中央公园，为 LID 设施的实现提供了极大的自然优势。

(3) 下垫面条件：规划区现状主要由河流、农林用地、村庄、道路广场、建筑等组成。沔西新城积极培育“一核、两轴、四园、八区”的空间格局。规划期末新城面积控制在 143.17km²，建设成具有城市综合职能的城市新城，新城建设用地面积为 64m²，根据规划建设用地结构，2020 年西咸新区工业用地比例有所提高，公共设施、市政公用设施和综合交通设施（对外交通和道路广场）用地增幅较大，居住、公共管理与公共服务用地、工业用地等也将大幅度增加。高密度的发展使得 LID 设施设计成为城市雨洪管理的重要手段，较大比例的城市绿地、天然的水域、新增加的绿廊和大型城市公园可作为且应优先作为雨水径流高峰流量的调蓄设施。规划区内通过水系、道路绿地、小区绿地，以及城市绿地构成的整个绿色生态网络为多种 LID 设施如雨水花园、植生滞留槽、渗井等提供了多点、微观、源头的下垫面条件。

(4) 土壤特性：沔西新城基底为以冲积岩为主及冲洪积的粉砂质粘土、粘土质粉砂及砂、砾石为主，含沙量较大，渗透率高，有利于土壤水分的下渗，大大提升了 LID 设施的效率和效果。

(5) 地下水位：关中平原属资源型缺水地区，地下水严重超采，地下水位较低且不断下降，适宜建设渗井等 LID 设施，促进雨水下渗，补充地下水。雨水花园、生态草沟可以与渗透井联合建设，将雨水花园和生态草沟作为渗井的雨水前置处理措施。

4.3 西咸新区推进低影响开发雨水系统的难点与挑战

4.3.1 湿陷性黄土地区自然渗透的挑战

西咸新城位于我国湿陷性黄土地区，海绵城市诸多生态化设施，尤其是以渗透、滞留为主要功能的雨水设施，均面临地基沉降、过度渗透后板结与冲刷等问题。对于生物滞留设施、植草沟、透水铺装等，必须充分考虑径流的疏导与周边防护结构的完整和有效，才能够避免出现路基或地基失稳、沉降、坍塌等工程事故。

4.3.2 水资源缺乏地区雨水回用的需求

西咸新区年均降雨量不足 600mm，总体来说水资源相对匮乏。面临西部地区少雨、降雨集中等众多问题，有必要通过雨水资源的综合回用减少资源流失。一方面通过在土壤滤池等设施下设置回用设施的方式进行直接回用，另一方面也可通过渗透回灌地下水的方式进行间接回用。

4.3.3 冬季寒冷区域透水设施的冻融影响

西咸新区四季分明，冬季温度较低，雨雪天气多，在未经工法优化的情况下，直接采用透水设施，可能因冻融问题造成透水设施加速老化等一系列问题。因此，西咸新区应用透水设施时，应充分考虑雨水的及时疏导与收集，减少留存在透水设施中而造成地基失稳等问题。

4.3.4 风沙对低影响开发设施养护要求

低影响开发设施的本地化养护与维护同样是后期设施发挥效果的关键。从西咸新区的角度上来讲，低影响开发设施的养护应包括设计阶段、施工时序与工法、维护管理要点等全生命周期的养护与维护需求。

4.4 低影响开发雨水系统构建总体技术路线

西咸新区低影响开发雨水系统的建设主要分为规划、设计、建设、维护四个层次，通过有效的管理机制保障系统建设，保障低影响开发雨水系统的构建实施。总体技术路线如图 4-1 所示。

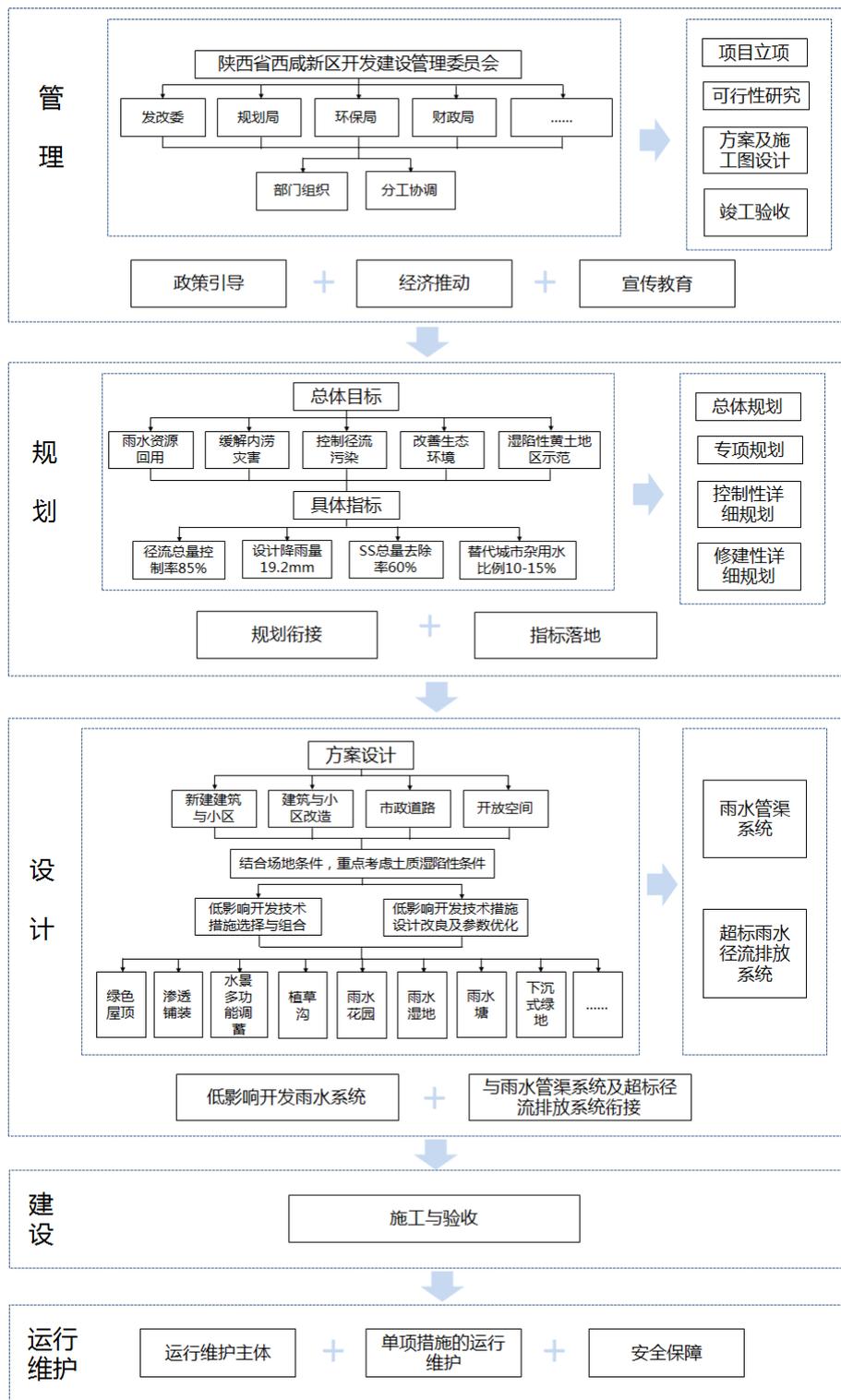


图 4-1 西咸新区低影响开发雨水系统构建总体技术路线

4.5 低影响开发雨水系统总体目标

本技术指南旨在贯彻低影响开发理念，构建西咸新区低影响开发雨水系统，通过采取各种有效的低影响开发技术措施，以雨水资源利用、防治内涝灾害为重点，兼顾控制城市雨水径流污染、改善水环境以及营造多功能景观等多重目标。

(1) 回用雨水资源，优化水资源结构

西咸新区人均、耕地亩均占有水资源量分别为225m³、169m³，分别为陕西省平均水平的20%、17%，仅为全国平均水平的10%、11%，属于严重资源型缺水地区。目前，西咸新区用水几乎全部来自地下水，存在水源单一、水量不稳定、地下水超采等风险。通过低影响开发雨水系统构建，增加中小型雨水回用工程设施，将雨水回用于绿化灌溉、道路浇洒等城市杂用水；构建水源涵养型城市下垫面，加大地表水与地下水之间的连通性，补充过度开采的地下水，提高水源供给量，从而合理利用雨水资源，优化西咸新区城市水资源结构。

(2) 减少径流排放，防治内涝灾害

西咸新区渭河等河道由于常年淤积，多处形成“地上悬河”，面临河水外溢、防洪压力大的问题。同时已建城区现状排水防涝标准低，地势平坦、城市内涝问题突出。在西咸新区的城市建设中实施低影响开发建设模式，通过降低场地径流系数、延长雨水径流时间，以减少内涝发生的频率和程度，缓解城市下游排水系统压力，解决低洼地区等城市重点易涝区域的排水防涝问题。

(3) 控制径流污染，改善水环境质量

西咸新区渭河、沣河等主要河流均已受到不同程度的污染，其中渭河现状水质为劣V类，在13个国控监测断面中，每年至少有9个监测断面的河流水质不能达到河段水功能区划标准。通过低影响开发雨水系统的建设，利用生态化雨水处理设施控制雨水径流污染，减少面源污染负荷，有效保护和改善西咸新区的城市水环境质量，逐步消除城市建成区内的黑臭水体。

(4) 与园林绿化结合，营造生态景观

2011年，西咸新区提出建设“现代田园城市”的目标，城市水环境水生态品质至关重要。雨水花园、下沉式绿地、雨水湿地、水景多功能调蓄设施等低影响开发雨水设施，既具有显著的水文调节功能，同时也有良好的景观效果和生态效益。通过低影响开发设计与园林绿地的有机结合，创建具有雨水调节功能的低影响开发生态绿地，提升城市绿地系统的综合效益，营造生态景观。

(5) 探索湿陷性黄土地区低影响开发雨水系统建设理念与技术优化

西咸新区地处我国西北黄土高原，属于典型的湿陷性黄土土质。湿陷性黄土属砂壤土，吸水及透水性较强，但土壤浸水后，极易崩解，发生下沉，产生严重的湿陷，与其他地区土质条件相比，低影响开发雨水系统在西咸新区的建设面临更多的挑战。探索湿陷性黄土地区低影响开发雨水系统的建设理念和技术优化，对于低影响开发在西咸新区及其他西北城市的广泛推广具有极强的借鉴意义。

4.6 低影响开发雨水系统具体控制指标

4.6.1 指标选择

通过对西咸新区核心雨水问题的分析，结合西咸新区低影响开发总体目标，有针对性的提出西咸新区低影响开发具体控制指标，目标兼顾水生态、水环境、水安全、水资源四个方面，主要落实的控制指标涵盖：

- 径流总量控制；
- 径流污染控制；
- 径流峰值控制；
- 雨水收集利用率；

4.6.2 径流总量控制指标

低影响开发雨水系统的径流总量控制采用年径流总量控制率作为控制指标。西咸新区各类低影响开发建设项目，其建设区域的低影响开发设施建成后雨水径流总量不超过开放前，新区年径流总量控制率宜在 85%左右。对应的设计降雨量为 19.2mm。

(1) 设计降雨量与年径流总量控制率关系

根据西咸地区及项目的具体条件，可依据西咸新区设计降雨量与年径流总量控制率关系，确定年径流总量控制率的具体指标。

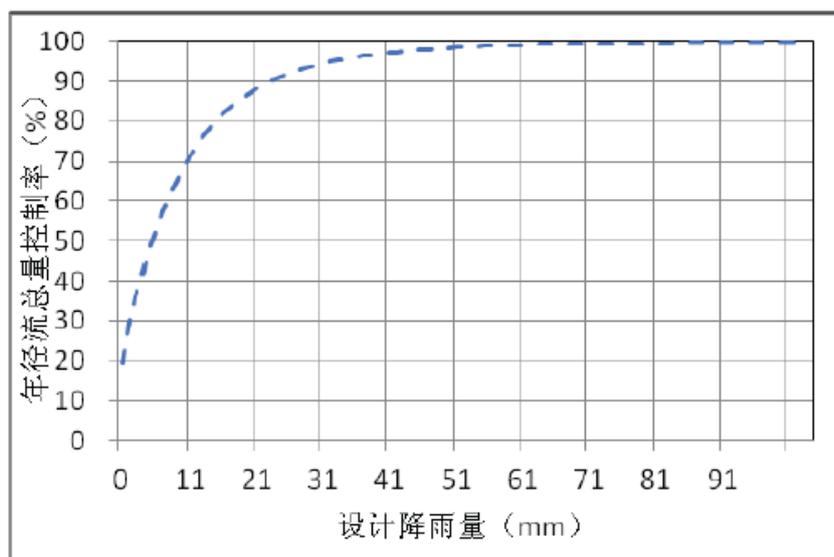


图 4-2 西咸新区设计降雨量与控制率关系曲线

表 4-1 西咸新区年径流总量控制率-设计降雨量对应关系表

年径流总量控制率 (%)	50	60	70	75	80	85
--------------	----	----	----	----	----	----

设计降雨量 (mm)	6.4	8.6	11.5	13.5	15.9	19.2
------------	-----	-----	------	------	------	------

(2) 指标要点

1) 依据住房和城乡建设部发布的《海绵城市建设技术指南》，西咸新区属于位于我国大陆地区径流总量控制分区中的 II 区，雨水径流总量宜控制在 $80\% \leq \alpha \leq 85\%$ 。

2) 考虑西咸新区地质地貌等特征以及设施的经济合理性，综合考虑试点区域西咸新区核心区降雨特征、土壤性质、建筑密度等因素，结合已有规划和研究，确定试点区域年径流总量控制率宜为 85%（可以高于 85%，但不能超过 95%）。

3) 在改建区域、绿化空间狭小或资金有限的场地，可按照低控制目标选取，且旧城改造后的综合径流系数不应超过改造前，不应增加既有或规划的排水防涝设施的额外负担。

4) 在新建区域、绿化空间较大或有资金保障的场地，宜按照高控制目标选取，且年径流总量控制率不低于 75%。

4.6.3 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，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。西咸新区径流污染控制指标宜采用年 SS 总量去除率指标。各类低影响开发建设项目，其建设区域的低影响开发设施建成后，年 SS 总量去除率宜达到 60% 左右，通过采取有针对性的雨水径流污染控制措施，可有效削减降雨径流污染，减轻对受纳水体的污染，改善区域内生态环境，保障水源水质安全。

4.6.4 径流峰值控制目标

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。有条件的新建城区可利用低影响开发设施取代传统的雨水管渠，植草沟等传输型低影响开发设施的设计应满足《室外排水设计规范》（GB50014）相应排水设计重现期要求，见表 4-2。

表 4-2 试点区域雨水管渠设计重现期

城区类型	一般地区	中心城区	中心城区的重要地区	中心城区地下通道和下沉式广场等
重现期	2年	3年	5年	20年

低影响开发雨水系统是城市内涝防治系统的重要组成部分，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。根据西咸新区的实际情况， 同时参考北京、深圳、上海等其他城市的内涝防治标准，确定试点区域内涝防治 标准为 50 年一遇。地面积水设计标准如表 4-3 中所示。

表 4-3 试点区域内涝防治标准

设计重现期	地面积水设计标准
50 年一遇	<ol style="list-style-type: none"> 1. 居民住宅和工商业建筑物的底层不进水； 2. 道路中一条车道的积水深度不超过 15cm，积水时间不超过 30min。

4.6.5 雨水收集利用率

低影响开发设计涵盖雨水的下渗、减排、调蓄、利用等不同方面，雨水的直 接回收利用是其中一个组成部分，西咸新区多年平均降水量较低，收集的雨水主 要用于城市绿化浇洒和冲洗用水等市政杂用和景观用水。通过对西咸新区雨水资 源的综合分析，提出雨水替代城市杂用水的比例为 10%~15%。

5 西咸新区低影响开发雨水系统规划指引

5.1 一般规定

(1) 保护性开发。西咸新区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。

5.2 低影响开发雨水系统与相关规划关系

低影响开发雨水系统构建需要从规划入手，统筹考虑相关专业规划的衔接，以规划目标指标作为指导依据，优化空间布局，指引各地块低影响开发设施设计方案。低影响开发雨水系统与相关规划关系如图 5-1 所示：

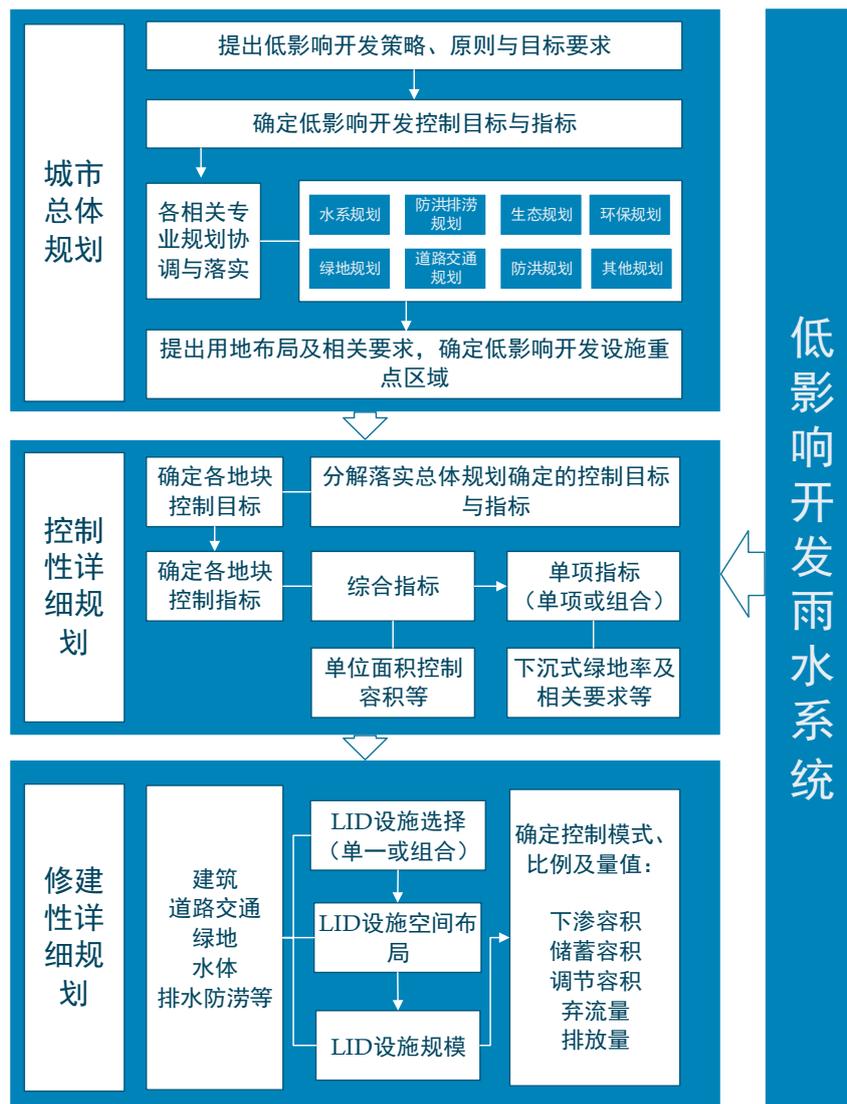


图 5-1 低影响雨水系统与城市总体规划及其它相关规划的关系

5.3 总体规划

西咸新区城市总体规划已编制完成,成果中已部分体现生态保护和雨水资源化的内容。下一次修编时,应进一步创新规划理念与方法,将低影响开发雨水系统建设作为新型城镇化和生态文明建设的重要手段。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生态、水系、排水防涝、绿地系统、道路交通、城市防洪等相关专项(专业)规划。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。并将低影响开发雨水系统的相关内容纳入其分区规划。具体要点如下:

(1) 保护水生态敏感区。应将区内现有河流、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。加强对渭河、泾河、沔河、石头河、黑河源头和秦岭北麓等重点区域的保护，修复水面、湿地、滩涂绿地、林地，构建以秦岭北麓、渭河、泾河和沔河沿岸生态廊道为主体的生态格局。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。

5.4 专项规划

5.4.1 生态规划

低影响开发强调“自然积存、自然渗透、自然净化”的生态理念，是生态城市建设的重要补充，生态城市规划应包含低影响开发理念。具体要点如下：

(1) 依据城市总体规划划定城市水源地、河流、湖泊、湿地、森林等生态保护区，进一步明确保护要求。

(2) 运用更为自然、生态、绿色的低影响开发设施，实现对城市径流雨水的自然渗透、净化、调蓄作用，维持开发建设前后的用地水文特征基本不变，保护城市生态功能，逐步完善可持续、健康的生态城市系统构建。

5.4.2 城市水系规划

城市水系是城市径流雨水自然排放的重要通道、受纳体及调蓄空间，西咸新区已启动《西咸新区河湖水系专项规划》，应与低影响开发雨水系统联系紧密，落实低影响开发雨水系统建设的相关要求。具体规划要点如下：

(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，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) 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，与城市总体规划、排水防涝规划同步协调，实现自然、有序排放与调蓄。

(3) 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。

(4) 结合西咸新区“渭河生态景观带”等相关水系工程建设，纳入低影响开发的理念，落实低影响开发的相关规划控制指标要求。

5.4.3 绿地规划

城市绿地是构建低影响开发雨水系统的重要场地及约束条件。在绿地系统规划时需兼顾低影响开发控制指标，考虑各种低影响开发雨水设施的规划，在满足绿地生态、景观、游憩和其他基本功能的前提下，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，规划要点如下：

(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、地形控制等多种方式，与城市雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统有效衔接。

(4) 应符合园林植物种植及园林绿化养护管理技术的要求。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、选择适宜的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蓄排放径流雨水。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。

5.4.4 排水防涝规划

西咸新区已按照《城市排水（雨水）防涝综合规划编制大纲》、《城市排水工程规划规范》（GB50318）、《室外排水设计规范》（GB50014）的基本要求，编制完成《西咸新区排水防涝专项规划》，拟将低影响开发的内容进一步纳入规划中。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。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，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。

(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置低影响开发设施，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。

5.4.5 道路交通规划

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，缓解道路积水内涝问题的发生，规划要点如下：

(1) 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、渗透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。

(2) 提出各等级道路低影响开发控制目标，提高对道路径流污染及径流总量及峰值的控制能力。道路交通规划应提出不同等级道路低影响开发控制目标，指导低影响开发设施的落实。在满足道路交通安全等基本功能的基础上，结合道路横断面和排水方向，充分考虑承接道路雨水汇入的功能，建设下沉式绿地、渗透铺装等低影响开发设施。

(3) 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，可由西咸新区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。

(4) 道路交通规划应规范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。

5.4.6 城市防洪规划

建设大面积分散的低影响开发雨水设施能够有效的降低峰值流量并延缓径流峰值时间，进而降低城市防洪压力，并且可净化径流雨水，改善城市河道水质。具体规划要点如下：

(1) 安全优先，“灰绿”结合，协调共治。在满足城市防洪的条件下，宜采用“灰绿”结合设施（即源头控制低影响开发设施与传统防洪堤、泵站等灰色基础设施相结合），提高洪水调蓄能力，降低洪水灾害风险。

(2) 构建以储为主，渗排结合的新型雨水系统。城市化形成大量硬化下垫面，造成了洪量增大，洪涝灾害频发。城市内可以建立以储为主、渗排结合的新型雨水排放系统。在增加城市绿地，提高城市下垫面透水性的前提下，利用城市

绿地储存部分暴雨径流，雨水经过植被和土壤层的渗透、滞留等多重净化后可作为城市再生水源，也可恢复地下水的补充来源，多余的雨水可通过市政管网向河流排放。新型雨水排放系统可以延缓径流时间、削减洪峰流量，同时其环保的作用也不可忽视。

(3) 维持防洪设施生态水文特征。传统城市水系治理中多采用水泥护堤衬底，破坏了水、土、生物间形成的物质和能量循环系统。应尽量采取天然堤岸以及蜿蜒河道方式，形成丰富多样的生境组合，为多种水生植物和生物提供适宜的生存环境，保证河道的生态功能。

(4) 降低河道、水库等防洪设施径流污染。水质污染导致城市河流及其两岸的生物多样性下降，特别是一些对人类有益的或有潜在价值的物种消失。径流污染是西咸新区城市河道、水库污染的重要来源，需通过生物滞留、雨水截污等低影响开发设施加强面源污染控制，严格控制城市水体污染损坏城市河道的生态功能及城市景观，保证城市河道的生态功能。

5.4.7 环境保护规划

雨水径流水质控制是保护城市水系水质的重要措施，而我国目前环境保护规划中还没有对雨水径流污染进行控制的具体要求，这将对环境保护规划的一个重要补充。城市水源地、湿地、森林、湖泊、河流等敏感区域应与生态功能保护区域相衔接，饮用水源地保护、水环境综合治理、生态保护与建设等重点领域应体现低影响开发理念。

5.5 详细规划

5.5.1 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，规划要点如下：

(1) 明确各地块的低影响开发控制指标。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。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。在有条件的情

况下，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) 合理优化地表径流路径。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。

5.5.2 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，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。要点如下：

(1) 多部门协调配合。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，落实具体低影响设施类型、布局、规模等。

(2) 结合西咸新区气候、土壤、土地利用等条件，选取适宜当地条件的技术措施及其组合系统，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。

(3) 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. 西咸新区低影响开发雨水系统设计指引

6.1 一般规定

(1) 符合本指南适用范围的建设项目应在方案设计、初步设计及施工图设计等工程设计阶段开展低影响开发雨水系统的分项设计。

(2) 城市建筑与小区、道路、绿地与广场、水系的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。

(3) 低影响开发雨水系统设计应结合生态环境、气候及土壤等现状条件与问题，落实控制性详细规划中提出的低影响开发径流总量、径流污染或径流峰值控制目标，设施布局、竖向等应与排水防涝规划相衔接。

(4) 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、设施与园林绿化系统的竖向关系、设施与排水防涝系统的衔接关系、设施及重要节点的构造与做法等内容。

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

6.2 低影响开发雨水系统设计流程

低影响开发雨水系统的合理构建主要包含以下几个关键技术环节：

(1) 资料准备。设计前应充分了解当地及现场水文及水资源条件、地形地貌、排水分区、河湖水系及湿地情况、水环境污染情况调查，分析竖向、低洼地、市政管网、园林绿地等建设情况。

(2) 现状调研分析。通过前期资料准备分析项目存在的主要问题。

(3) 建设用地选择与优化。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) 依据规划控制目标，选择适用的低影响开发技术、设施及其组合。

(5) 方案设计与设施布局。应根据排水分区，结合项目地质条件，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) 确定设施规模与形式。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。需明确雨水径流控制量、雨水收集回用量、综合雨量径流系数，并确定设施组合形式、设计尺寸、构造设计、构造材料要求等。

(7) 工程量及投资概算。明确总工程量及分项工程量、投资概算和运行成本以及效益预期。

低影响开发雨水系统的一般设计流程见图 6-1。



图 6-1 低影响开发雨水系统设计一般流程

6.3 低影响开发雨水系统不同用地类型设计要点

6.3.1 新建建筑与小区

1. 设计要点

(1) 西咸新区新建建筑与小区一般地表绿化率较高，综合径流系数相对较低，可利用空间条件较好，为低影响开发的设计提供了良好的基础。

(2) 土质：应首先结合建设场地的地质勘查报告，综合评估场地的土质情况，若土质为严重的自重型湿陷性黄土，则应避免集中大型渗透设施的应用，应采用分散小型的低影响开发设施，以雨水调蓄、收集利用为主，防渗及安全距离等相关设计要求应符合《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB50025)的相关规定，避免对道路及建筑基础产生影响。

(3) 屋面：平屋面或坡度较缓（小于 15° ）的屋顶宜采用绿色屋顶的方式，绿色屋顶的设计应符合《屋面工程技术规范》(GB50345)的规定；大面积屋面雨水径流，优先引入到建筑周围绿地中的雨水花园等生物滞留设施，下渗或集中进行收集回用，雨水渗透设施设计应考虑对建筑基础的影响。如阳台雨水有洗衣废水，需与屋面雨水分离，单独设立排水系统，可接入污水系统。

(4) 绿地：在小区绿地适宜位置可增建下沉式绿地、雨水花园、雨水塘、雨水湿地等雨水滞留设施，充分利用小区内绿地调蓄雨水；设施下沉深度较大，边坡坡度较大时，应考虑设计边坡挡墙支护，避免径流冲刷造成边坡土壤塌陷；对于大型集中式绿地调蓄利用设施宜设排空设施，并与市政管线或附近泄洪水体连通。对于严重的自重型湿陷性黄土的场地，应避免在大面积的集中绿地中采用渗透设施。

(5) 道路广场：小区内非机动车道路、人行道、游步道、广场、露天停车场、庭院宜采用渗透铺装地面；非机动车道路可选用透水沥青路面、透水性混凝土、透水砖等；人行道、游步道可选用透水砖、碎石路面、汀步等；露天停车场宜选用草格、透水砖等；广场、庭院可选用透水砖等。避免使用大面积集中的透水铺装。小区道路径流雨水优先集中引入周边的下沉式绿地中滞留下渗；较大坡度道路转弯处宜建生物滞留设施，低影响开发设施宜设计侧壁防渗，避免雨水渗透对道路路基产生影响；由于西咸新区普遍风沙较大，宜在道路边设置碎石沟等预处理措施，避免雨水径流携带大量泥沙直接进入下沉式绿地等低影响开发设施，

造成淤积。

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

(7) 排水系统：优先采用植草沟、渗透沟槽等地表排水形式输送、消纳雨水径流，减少小区内雨水管道的使用，植草沟坡度不宜过大；若必须设置雨水管道，宜采用雨水口截污挂篮、环保雨水口等设施；当小区主路采取植草沟排水方式时应铺设防渗设施，防止雨水下渗对道路路基的影响；小区内低影响开发雨水设施溢流接至小市政雨水排水管网，最终排至大市政雨水管道。

2. 技术流程与措施

根据图6-2，降落在屋面（普通屋面和绿色屋面）的雨水除了直接散排至建筑周边绿地内进行滞蓄，还可进入高位花坛和雨水桶，溢流进入下沉式绿地，雨水桶中雨水作为就近绿化灌溉进行回用。降落在道路等其他硬化地面的雨水，可利用渗透铺装、下沉式绿地、渗透管沟、雨水花园等设施对径流进行净化、消纳，超标准雨水可就近排入雨水管道。在雨水口可设置截污挂篮、旋流沉砂等设施截留污染物。

经过预处理后的雨水一部分可下渗或排入雨水管，进行间接利用，另一部分可进入雨水池和景观水体进行调蓄、储存，经过滤消毒后集中配水，用于绿化灌溉、景观水体补水和道路浇洒等。

新建小区与公共建筑完全按照海绵城市建设要求进行设计，相关控制目标满足海绵城市建设要求的指标。

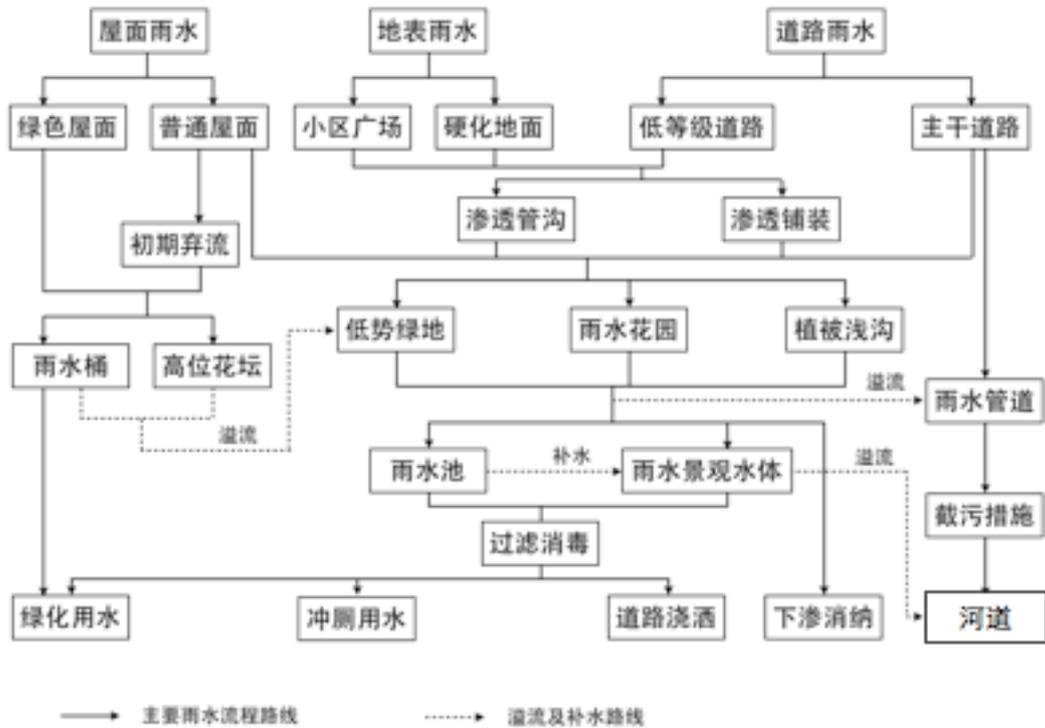


图 6-2 新建小区低影响开发流程图

新建小区绿化面积较高，对于有水景的小区改造应优先利用水景收集调蓄区域内雨水，同时兼顾雨水渗蓄利用及其他措施。将屋面及道路雨水收集汇入景观水体，并根据月平均降雨量、蒸发量、下渗量以及浇洒道路和绿化用水量来确定水体的体积，对于超标准雨水进行溢流排放。对于没有水景的新建小区，如果以雨水径流削减及水质控制为主，可以根据地形划分为若干个汇水区域，将雨水通过植草沟导入雨水花园或下沉式绿地，进行处理、下渗，对于超标准雨水溢流排入市政管道。如果以雨水利用为主，可将屋面雨水经弃流后导入雨水桶进行收集利用，道路及绿地雨水经处理后导入地下雨水池进行收集利用。

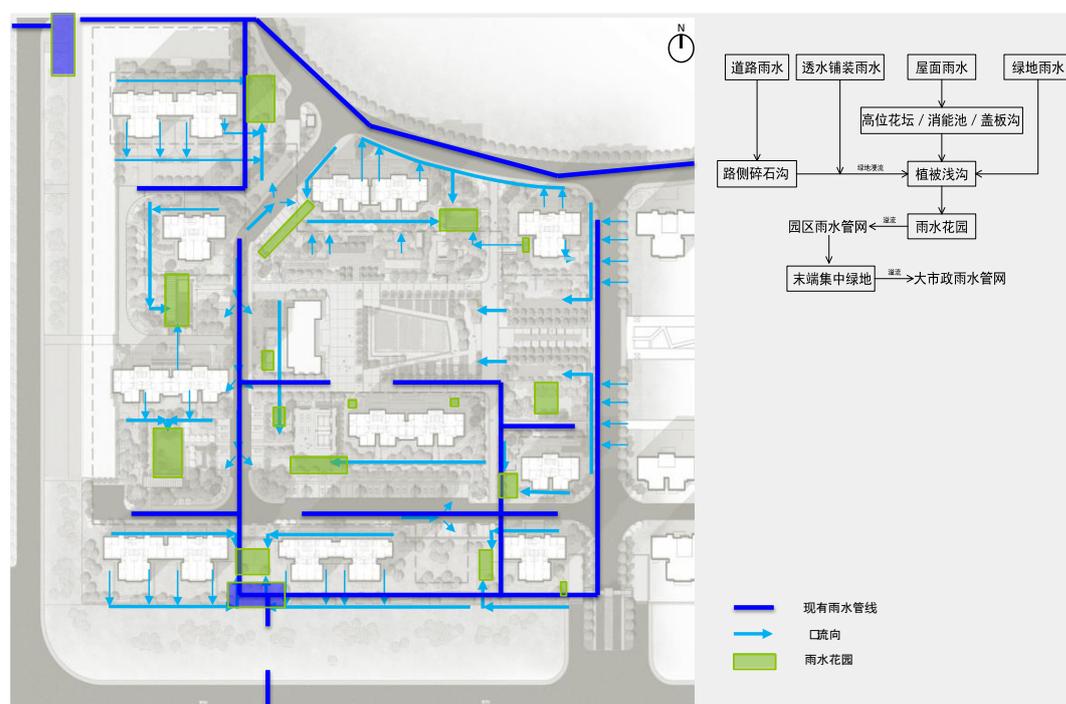
3. 新建小区低影响开发设计案例

西咸新区新建小区一般多为高层建筑，同时地下车库面积较大，车库顶板覆土在1.5~2.0m左右。在新建小区的low-impact开发设计过程中，需注意雨水入渗设施渗透至土壤中的雨水疏排水问题，防止下渗的雨水对地库顶板防水层造成损坏；另外还需考虑雨水设施对结构荷载的影响；对于复杂性生物滞留设施，需考虑地库顶板覆土是否满足其结构层厚度的问题。

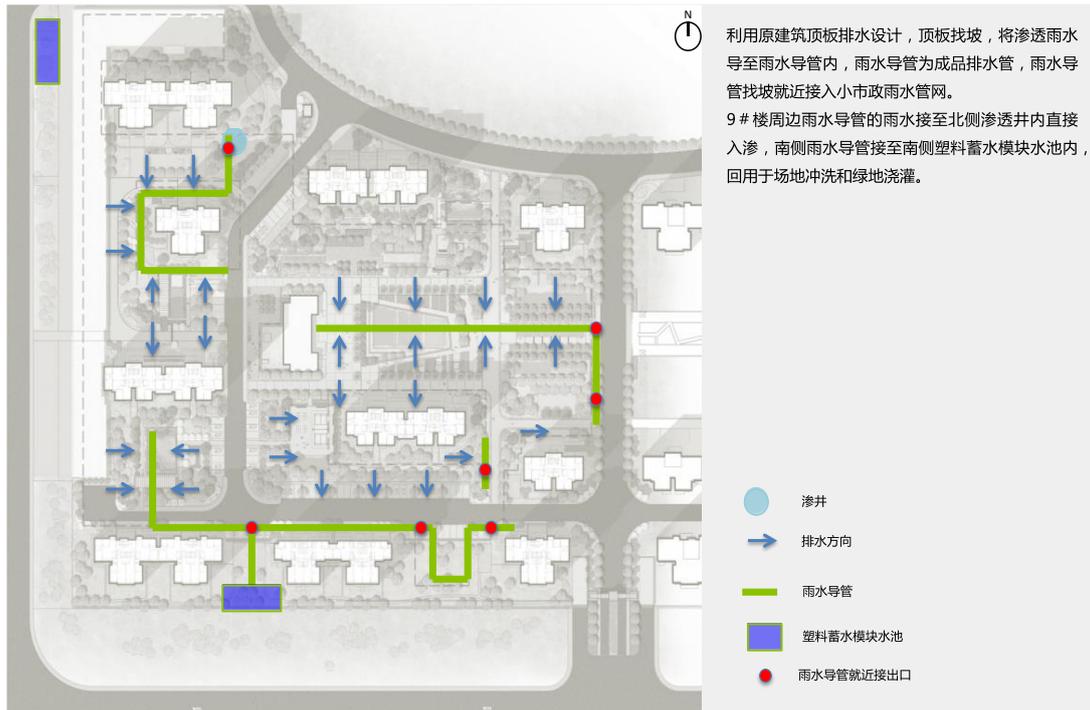
以天福和园海绵城市低影响开发雨水系统设计项目为例，本项目以超高层住宅楼为主，小区内地下车库占80%左右。通过低影响开发设计，满足年径流总量控制率80%的要求，同时结合已设计的小市政雨水管网，小区内排水标准提升至3~5年一遇。



小区内低影响开发设施布置图



排水组织流向



地库顶板排水设计

图 6-3 新建小区低影响开发雨水系统设计示意图

6.3.2 建筑与小区改造

1. 设计要点

(1) 西咸新区已建城区的土地开发强度大，地表硬化率高，综合径流系数大，可利用地表绿化空间有限，面临内涝与污染等多重交织问题。

(2) 土质：应结合建设场地的地质勘查报告，综合评估场地的土质情况，若土质为严重的自重型湿陷性黄土，则应优先结合现状场地雨水管道进行雨水收集回用改造，避免集中大型渗透设施的应用，防渗及安全距离等相关设计要求应符合《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB50025)的相关规定，避免对道路及建筑基础产生影响。

(3) 屋面：平屋面或坡度较缓（小于 15° ）的屋顶且屋顶荷载能力高，宜改造建设绿色屋顶；建筑周边有足够绿地空间的居住区，优先利用绿地空间改造建设分散的下沉式绿地、雨水花园或集中的景观水体等多功能调蓄设施，对雨水进行调蓄利用，同时应局部防渗避免渗透对建筑基础产生影响；对于建筑周边没有绿化空间的居住区，可选择分散设置雨水桶/罐，或地下贮水池/蓄水模块，对屋面雨水进行收集回用；对于雨落管有阳台废水混接的建筑，需新设计排水管

与屋面雨水分离，单独设立排水系统，并将阳台废水接入小区污水管线，屋面雨水断接至周边绿地；屋面雨水回收利用时需设置预处理设施进行处理。

(4) 绿地：充分利用现有绿地，有条件的情况下改造建设下沉式绿地、雨水花园、雨水塘等调蓄雨水；对于无空间改造的小区，可通过雨水转输技术（植草沟、渗透沟渠、雨水管道）将雨水转输至周边集中绿地空间，建设大型集中式调蓄利用设施（如阶梯湿地、多功能调蓄水景等），并设排放泵，溢流接入市政管线或附近行洪水体；绿地植物宜选用乡土耐淹、耐旱植物；对于有地下室顶板的小区 and 建筑，应根据地下室顶板的覆土厚土、顶板排水方式选择适当的低影响开发设施，并保证地下室顶板上绿地有 0.6m 厚覆土。

(5) 道路广场：小区非机动车道路、人行道、游步道、广场、露天停车场、庭院宜采用透水铺装地面，其中，非机动车道路可选用透水沥青路面、透水混凝土、透水砖等；人行道、游步道宜选用透水砖、碎石路面汀步等；露天停车场宜选用嵌草砖、透水混凝土等；广场、庭院可选用透水砖等。小区道路超渗雨水优先通过道路横坡坡向优化、路缘石改造等方式引入周边的绿地空间进行调蓄、净化、渗透，宜设计碎石沟等预处理设施，对于较大坡度道路转输处宜建生物滞留设施。对于空间不足且具有竖向优势条件的小区，道路雨水可通过植草沟、雨水管道等传输方式集中引入周边的集中绿地建设雨水花园、雨水生态滤池、雨水塘等进行净化回用，并设置溢流口与市政管线连通。

(6) 水景：小区现状景观水体宜改造为多功能雨水调蓄设施，集中调蓄周边雨水，并设溢流口与市政雨水管线连接。

(7) 排水系统：沿用现状小市政雨水管网，建筑外排雨落管应优先断接至低影响设施再溢流至小市政管线。小区排水末端有绿地空间的，可采取集中调蓄的雨水设施，将小区内雨水通过植草沟、现状小市政管网等转输至末端设施，并设置溢流口与市政雨水管线连通。

2. 技术流程与措施

根据图6-4，降落在屋面（普通屋面和绿色屋面）的雨水除了直接散排至建筑周边绿地内进行滞蓄，还可进入高位花坛和雨水桶，溢流进入下沉式绿地，雨水桶中雨水作为就近绿化灌溉进行回用。降落在道路等其他硬化地面的雨水，可利用渗透铺装、下沉式绿地、渗透管沟、雨水花园等设施对径流进行净化、消纳，

超标准雨水可就近排入雨水管道。在雨水口可设置截污挂篮、旋流沉砂等设施截留污染物。

经过预处理后的雨水一部分可下渗或排入雨水管，进行间接利用，另一部分可进入雨水池和景观水体进行调蓄、储存，经过滤消毒后集中配水，用于绿化灌溉、景观水体补水和道路浇洒等。

小区内无法消纳的雨水，可以通过市政雨水管网排入周边公园、集中绿地、水体等进行末端调蓄，利用周边雨水设施进行径流和污染物削减。

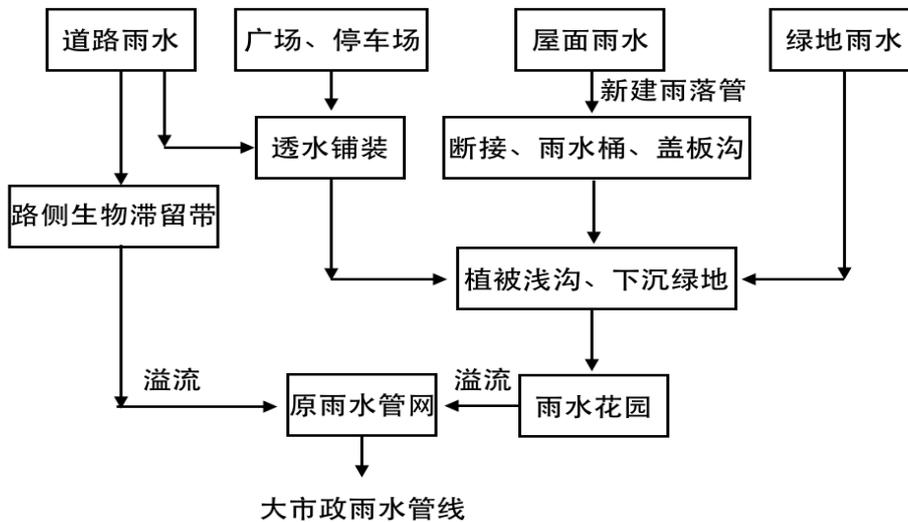


图 6-4 已建小区低影响开发改造流程图

已建小区绿化面积较高，对于有水景的小区改造应优先利用水景收集调蓄区域内雨水，同时兼顾雨水渗蓄利用及其他措施。将屋面及道路雨水收集汇入景观水体，并根据月平均降雨量、蒸发量、下渗量以及浇洒道路和绿化用水量来确定水体的体积，对于超标准雨水进行溢流排放。对于没有水景的已建小区，如果以雨水径流削减及水质控制为主，可以根据地形划分为若干个汇水区域，将雨水通过植草沟导入雨水花园或下沉式绿地，进行处理、下渗，对于超标准雨水溢流排入市政管道。如果以雨水利用为主，可以将屋面雨水经弃流后导入雨水桶进行收集利用，道路及绿地雨水经处理后导入地下雨水池进行收集利用。

3. 已建小区低影响开发改造案例

以西部云谷园区海绵城市低影响开发雨水系统改造项目为例。园区内除了一栋酒店建筑为高层，其余均为多层办公及工业厂房。且园区内建筑已基本完工，

室外工程除部分绿化未做，其余均已完工。因前期设计未考虑低影响开发雨水系统的内容，为满足海绵城市的建设要求，并达到考核指标，对园区进行雨水系统的改造设计。



图 6-5 园区现状照片

该项目海绵城市改造中遇到的问题在已建建筑与小区中比较典型，主要包括：

- 屋面雨水以内排水为主

园区内屋面雨水全部以内排水方式排入小市政雨水管道，最终接至大市政雨水管网，现状条件下没有对屋面雨水进行滞蓄渗透，进而很难达到海绵城市考核指标。另一方面雨水管改造对建筑外立面影响较大，很难通过断接手段将雨水直接接入周边绿地、生物滞留等设施。

- 园区绿地大部分为高绿地

园区内绿地地形均已完成施工，其中大部分绿地高于周边道路，地形起伏较大，高绿地部分无法对周边汇流的雨水进行滞蓄。并且此部分绿地均已种植树木，改造难度及工程造价都将增高。

- 现状景观效果单一

结合现场施工，园区内部分绿地做了卵石沟，增加雨水入渗，但卵石沟断面过于统一，导致景观效果单一。另外由于园区有很大一部分地面下为车库顶板，人行道做成透水砖，但是其垫层做了 200mm 厚钢筋混凝土垫层，透水效果微弱。

基于对现状问题的分析，本项目海绵城市改造采用的主要 LID 方案涉及如下设施改造：

- 雨落管尽量断接至雨水花园或周边下沉式绿地；
- 园区人行道透水铺装进行基层改造，收集渗透雨水；
- 车行道周边增加碎石沟、植草沟；
- 管网节点设置雨水池、雨水模块收集雨水；

通过上述 LID 改造综合实现该园区年径流总量控制不低于 85%，对应设计降雨量 19.2mm，年 SS 总量削减不低于 40%。

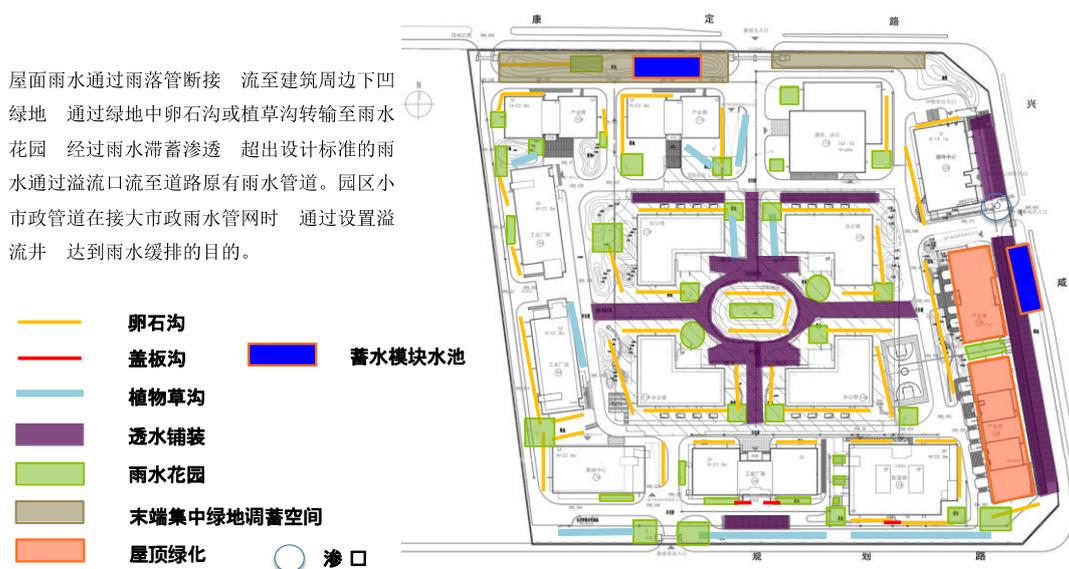


图 6-6 低影响开发雨水系统局部改造方案示意图

6.3.3 市政道路

1. 设计要点

- (1) 道路雨水通常产汇流时间较短，径流量大；同时雨水径流中悬浮颗粒物及 COD 等污染物含量较高。
- (2) 机动车道：沿用传统路面。
- (3) 非机动车道：沿用传统路面，适宜路段可试验采用透水沥青路面或透水型混凝土路面。

(4) 人行道：可适量使用透水砖路面和透水混凝土，透水砖路面设计应符合《透水砖路面技术规程》CJJ/T 188-2012 要求，设施排空设施与市政管道连通；人行道树池宜采用生态树池，对于绿地空间不足的道路可采用下沉式连片树池带。

(5) 道路附属绿地：道路绿化带宜低于路面，建成下沉式绿地、生物滞留设施、生态树池、植草沟等形式；道路雨水通过绿地综合处置后方可溢流至雨水管道；坡度较大路段，绿化带应采用阶梯式；当道路红线内绿地空间有限时，可结合红线外的绿地，采用植草沟、生物滞留设施等雨水滞蓄设施净化、下渗雨水，减少雨水排放；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（侧壁防水挡墙，敷设两布一膜），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。道路径流雨水进入低影响开发设施前，应采取预处理设施或初期弃流设施，防止径流雨水对绿地环境造成破坏。

(6) 路缘石：通过采取路缘石开口、成品开孔路缘石或非连续路缘石等形式，确保雨水顺利排入道路下沉绿化带中，入口处应采取消能、截污等设施防止雨水对绿化的冲刷。道路收水口周围 50cm 范围内回填土需夯实。

(7) 排水系统：雨水口宜设于绿化带内，采用环保型雨水口，且雨水口高程宜高于绿地而低于路面；有条件场所道路排水可采用植草沟排放；市政道路沿线可因地制宜建设集中式雨水调蓄设施；条件许可时，道路沿线可建设雨水生态塘或人工湿地，道路雨水可引入其中处理、储存。道路雨水口宜设于绿化带内，采用环保雨水口，且雨水口高程应高于绿地而低于路面；有条件的道路排水可采用植草沟等生态排水形式；市政道路沿线可因地制宜建设雨水塘、雨水湿地等集中调蓄设施，用于末端调蓄或应对超大暴雨的情况，并对道路雨水进行净化处置。

(8) 道路积水点：针对西咸新区现状严重积水点进行改造，应充分利用周边现有绿化空间，分散建设低影响开发措施，减少汇入低洼区域的“客水”，在周边绿化空间较大的情况下，应结合周边集中绿地、水体、砂石坑、公园、广场等空间建设雨水调蓄、蓄渗设施。

(9) 停车场：露天停车场宜采用透水混凝土、嵌草砖、透水砖等透水铺装形式；其周围绿地应采用下沉式绿地，结合雨水花园、植草沟等设施实现雨水的就地消纳和处置。

(10) 市政道路海绵改造工程应因地制宜，侧分带较宽时，在保证绿化种植

空间的同时，可将草沟布置于侧分带中央，无需设置防水；老旧道路改造时主要以合理设置防水土工布、远离路基等措施保证构筑物安全。

(11) 对于改造道路，原车行道和慢车道上的雨水口可改造为沉泥井，沉泥井底部用砂包填实，砂包上设置过滤层，最上层放置提篮。该设计对现状雨水口进行合理利用，可减少改造项目的浪费，同时，与雨水截污池共同发挥作用，截污能力大大提升。

2. 技术流程与措施

市政道路径流污染程度相对较高，如果道路规划有绿地，可利用空间较大，可结合道路红线内绿地布置生态沟渠、下沉式绿地等处理措施，对雨水进行净化、下渗和排放。此外，可在道路红线外的公共绿地中设置形式多样的措施组合，如分散式的雨水花园、下沉式绿地、植草沟，以及集中式的雨水湿地、雨水塘、多功能调蓄设施来对道路雨水进行处理与利用，减少道路径流污染物排入河道，同时增加雨水的下渗量，形成林水相依的道路景观；如果道路周边没有绿化带，可在人行道采用透水铺装、渗透树池等，并尽可能结合建筑后退红线的空间进行布置。

如图6-7所示，道路雨水可以优先进入周边绿带内设置雨水花园、下沉式绿地、植草沟和渗滤树池等设施，通过绿带滞留、净化和传输，下渗及溢流的雨水会同地表径流通过雨水管道（有条件的地方还可经过雨水塘、雨水湿地处理）排入河道，从而减轻径流污染，改善道路周边整体环境。

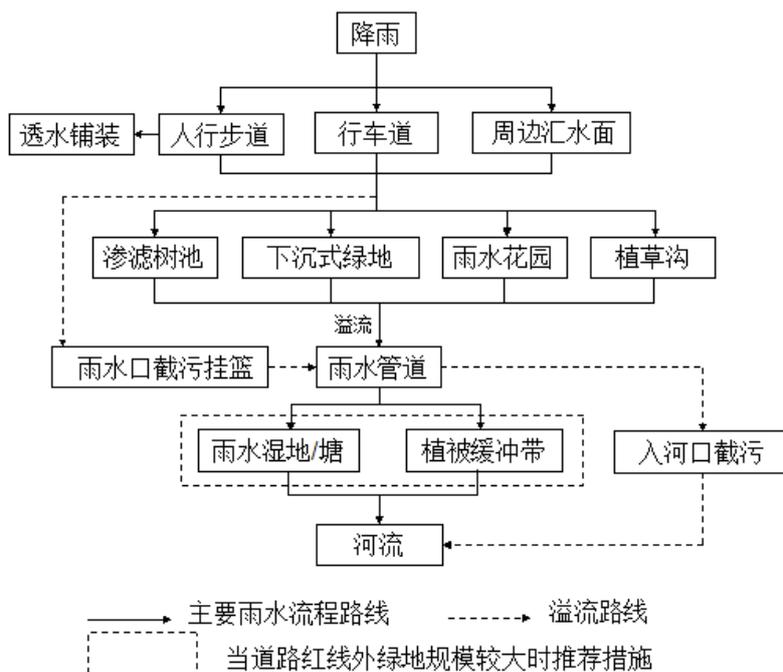


图 6-7 道路雨水控制利用流程图

3. 道路低影响开发系统利用改造案例

在市政道路的低影响开发设计过程中，需注意雨水入渗设施渗透至土壤中的雨水的疏排水问题，以防对路基造成损坏；注意对设计道路汇入客水进行统筹考虑；此外，需考虑道路大排水系统的设计以应对超标降雨，可通过局部地形调整或设置雨水连接管将超标雨水引入周边绿地、广场等空间进行调蓄。

以康定路低影响设施及景观研究项目为例，本工程低影响开发设计按 85% 径流总量控制率设计，对应设计降水量为 19.2mm。根据康定路的平面和竖向条件进行划分为 5 个汇水分区，见图 6-8。

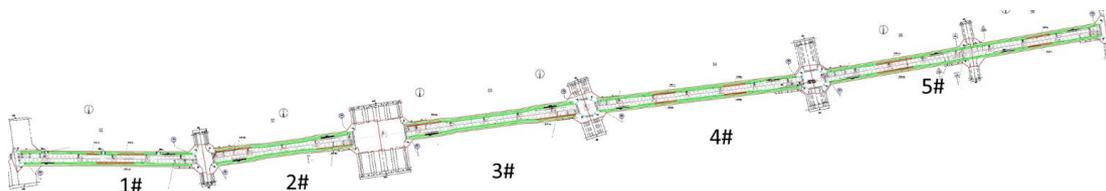


图 6-8 康定路汇水分区分图

康定路工程内容包括机非分隔带的低影响及其附属设施改造，透水铺装的建设，以及利用红线外绿地构建的雨洪调蓄设施建设。

将机动车道和非机动车道之间的机非分隔带改造为下沉式生物滞留带。其中在道路竖向低点处机非分隔带处做土壤换填，提高土壤下渗能力，换填段根据汇水面积大小计算，换填型生物滞留带两侧作为传输型的生物滞留设施。于现状雨

水口及两座雨水口中中间位置的路缘石开豁口，机动车道和非机动车道雨水经路缘石豁口进入预处理设施，之后进入生物滞留带传输、调蓄、净化和下渗，超出生物滞留设施容纳能力的雨水经多级溢流口排入市政雨水管线。其中传输型生物滞留带将雨水径流输送至换填型生物滞留带，雨水在换填型生物滞留带内下渗、净化，由底部穿孔管收集至溢流口，与大雨产生的径流一起输送至雨水管线。利用红线外绿地构建下沉式绿地和雨水塘，通过道路的局部下卧改造，将超标雨水导入，作为超标雨水的排放和临时调蓄通道，部分雨水在雨后通过溢流口及溢流井输送至雨水管线排放。

康定路通过 LID 设施的源头径流削减和调蓄，控制峰值径流排放速率，在不对现有管网彻底改造的前提下，提高雨水管道应对降雨的重现期；利用现有条件，营造大排水系统，解决超标雨水排放出路。康定路低影响设施布置见图 6-9。

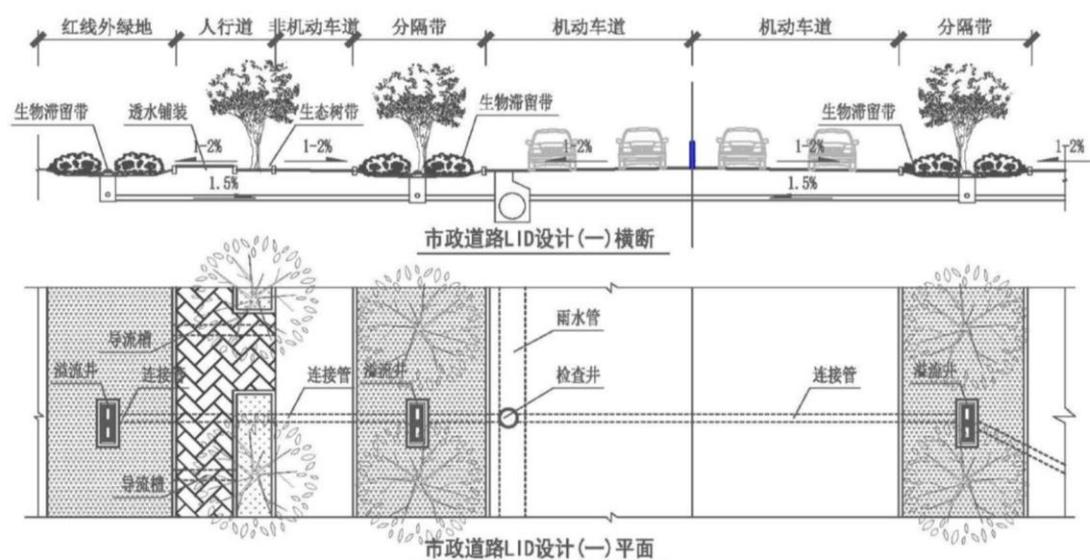


图 6-9 康定路典型路段低影响设施与管网关系示意图

人行步道根据条件采用透水铺装形式，人行步道坡向红线外绿地，红线外绿地局部做下沉改造进行蓄水，同时作为超标雨水排放路径，通过局部地形改造或雨水连接管将超标雨水径流引入进行调蓄，并通过溢流设施连接市政雨水管线，待管线传输能力恢复后经雨水管道排至下游。康定路低影响设施技术流程参见图 6-10。

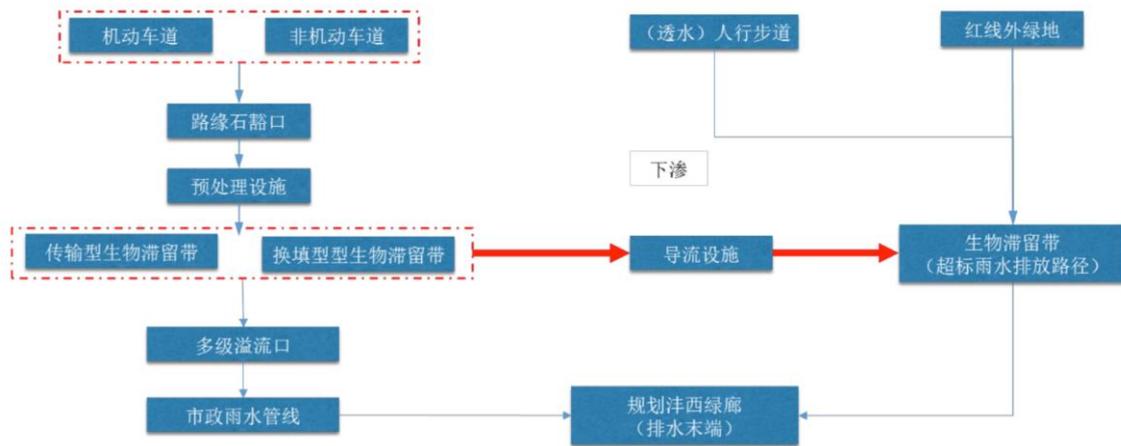


图 6-10 康定路低影响开发设施布置流程图

6.3.4 开放空间

1. 设计要点

(1) 城市公园、广场、滨水空间等开放空间内可利用空间较大，具有低影响开发的设计优势，除对自身径流进行综合控制外，应与周边场地衔接，通过合理的竖向设计，承担更大的汇水面积。

(2) 公园绿地：公园内绿地应尽量低于周围硬化地面，做成下沉式绿地，并设置雨水导流措施，将场地内雨水引导至绿地中；雨水口宜设置于下沉式绿地内，雨水口标高应高于绿地并低于周围硬化地面；下沉式绿地中植物宜选用乡土耐淹、耐旱植物；公园绿地一般空间比较充足，宜具有末端雨水调蓄功能，如设置雨水塘、雨水湿地等集中调蓄设施，通过植草沟等生态排水措施将周边区域的雨水引入其中，构建多功能调蓄公园/水体，并通过调蓄设施的溢流系统与城市雨水管渠系统和超标雨水排放系统相衔接。

(3) 广场：承重要求较高的广场宜采用硬化铺装，承重要求低的广场可采用透水铺装或与硬质铺装相间布置的形式，不宜大面积采用透水铺装，避免对地基稳定性产生影响；广场周围利用绿地空间建设下沉式绿地、雨水花园、植草沟等低影响开发设施，广场径流雨水应引入周围绿地进行入渗和排放；广场雨水可收集回用，经适当处理可用于道路、广场浇洒和绿地灌溉。

(4) 城市水系：充分利用城市自然水体设计雨水塘、雨水湿地等具有雨水调蓄与净化功能的低影响开发设施，雨水塘、雨水湿地的布局、调蓄水位等应与城市上游雨水管渠系统、超标雨水排放系统及下游水系相衔接；在条件允许的情

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

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；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，宜采取集中式径流处理设施，在绿地内设计湿塘、雨水湿地等设施调蓄、净化径流雨水，并与经过、穿越或接入水系的雨水管渠相衔接；当城市水体与周围用地之间坡度太大时，可结合实际情况设置台阶式绿地；有条件的城市水系，水系驳岸宜采用生态驳岸，并根据调蓄水位变化选择适宜的耐盐、耐淹、耐污等能力较强的乡土植物、水生植物；对于污染严重的水体可采用生态浮床措施净化水质；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。

2. 技术流程与措施

如图6-11所示，雨水经过绿地的滞留、净化、传输，再进入河湖水系，避免雨水径流通过雨水干管直接排入水体，造成水体污染及水资源的浪费。

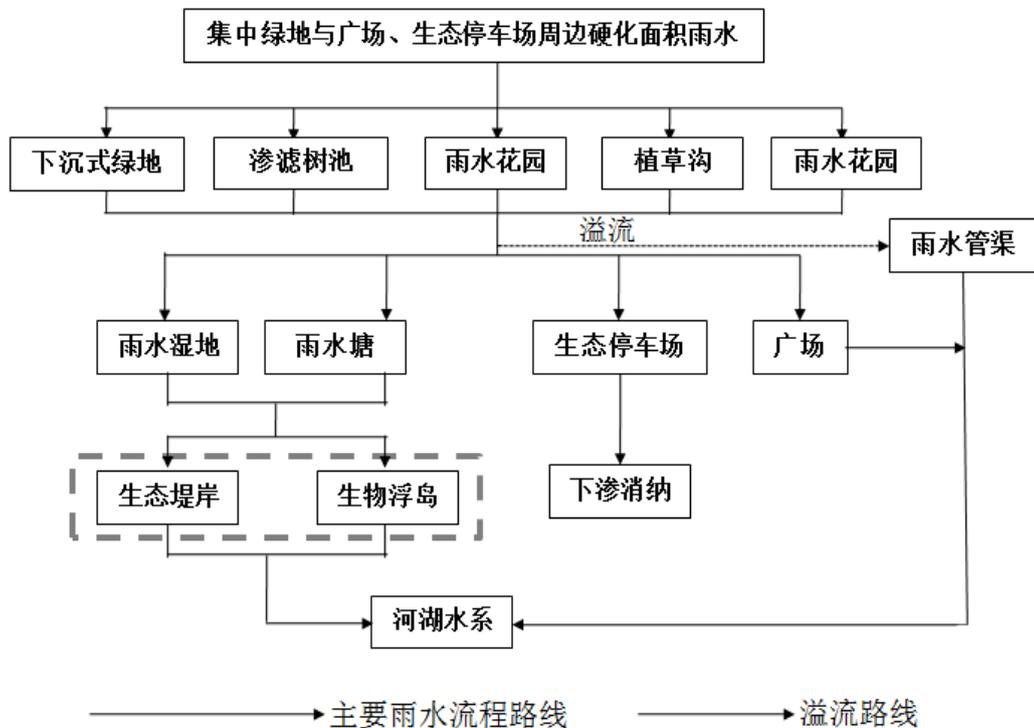


图 6-11 集中绿地与广场、生态停车场低影响开发改造流程图

6.4 低影响开发雨水系统单项技术措施设计要点

6.4.1 初期弃流

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的降雨初期径流予以弃除，减少径流污染、提高雨水收集回用效率。弃流雨水应进行处理，如通过雨水湿地、污水处理厂进行集中处理。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。

1. 适用条件

初期雨水弃流设施主要适用于屋面雨水的雨落管、路面径流的集中入口等蓄水池等收集回用设施的前端。

2. 功能、特点

初期雨水弃流设施占地面积小，建设费用低，可有效削减径流污染物，提高雨水收集回用效率。

3. 典型结构

初期雨水弃流设施典型构造如图 6-12 所示。

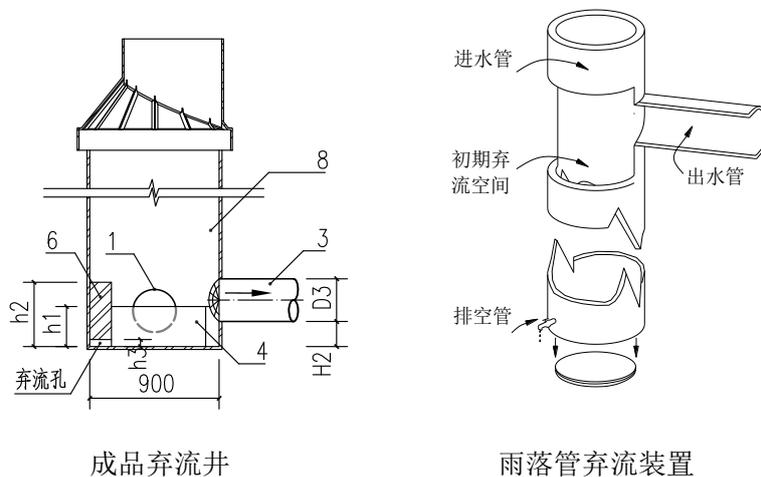


图 6-12 容积法初期雨水弃流设施示意图

4. 关键设计要点

屋面及硬化路面雨水的收集回用系统均应设置弃流设施，并满足以下要求：

(1) 屋面雨水收集系统的弃流装置宜设于室外，当设在室内时，应为封闭式；

(2) 地面雨水收集系统的雨水弃流设施宜分散设置，当集中设置时，可设雨水弃流池；

(3) 弃流雨水宜排入生物滞留等设施进行入渗处理或待雨停后排放至市政污水管道。当弃流雨水排入污水管道时应确保污水不倒灌。

5. 施工注意事项

(1) 雨水弃流工程须按污水工程的施工标准进行施工。

(2) 弃流工程与现状污水管线接驳时，须采取导流措施，确保现状污水管道运行安全，同时便于结构施工。

(3) 当弃流管拟接入的现状污水管道处于超负荷状态时，应对初期雨水进行处理，合理确定处理设施容积，提高雨水回用量；初期雨水处理后可排入雨水管网。

(4) 弃流设施在弃流井（截流井）之前设置沉泥池同时应有截污功能，避免对下游公共污水管线造成挂淤等现象。

6.4.2 雨落管断接技术

雨水落水管截流（亦称雨落管断接）通过改变屋面雨水径流的传输路径，将原本排入管道的径流引入建筑物周边花园、绿地等透水区域或雨水桶、雨水箱等雨水收集设施。收集的雨水可用于冲洗厕所、洗车和景观绿化等。

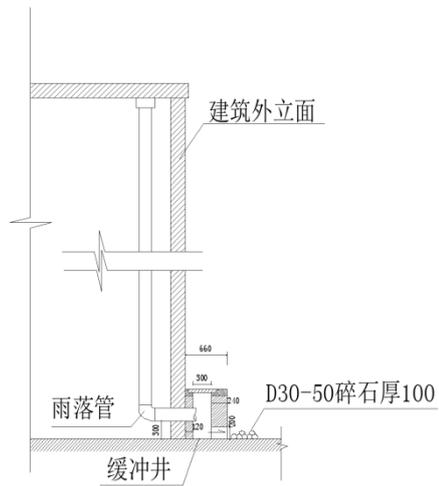
1. 适用条件

一般适用于住宅区、商业区和工业区等。

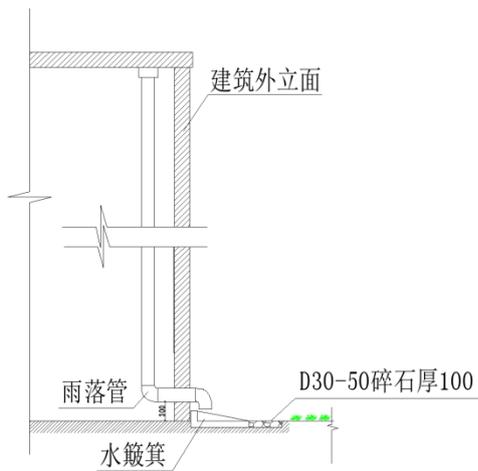
2. 功能、特点

雨水落水管截流能够有效削减峰值流量、径流总量和污染负荷，与此同时储存的径流可用于绿化灌溉，节约水资源和降低水费。

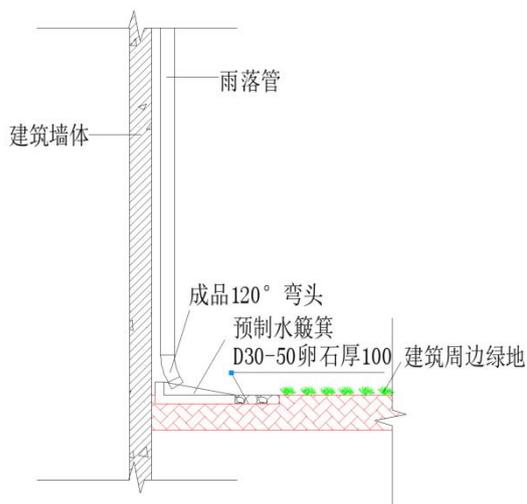
3. 典型构造



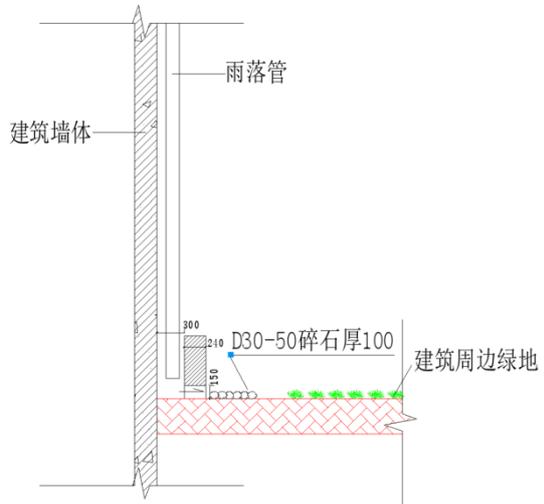
高层建筑雨落管断接示例 1



高层建筑雨落管断接示例 2

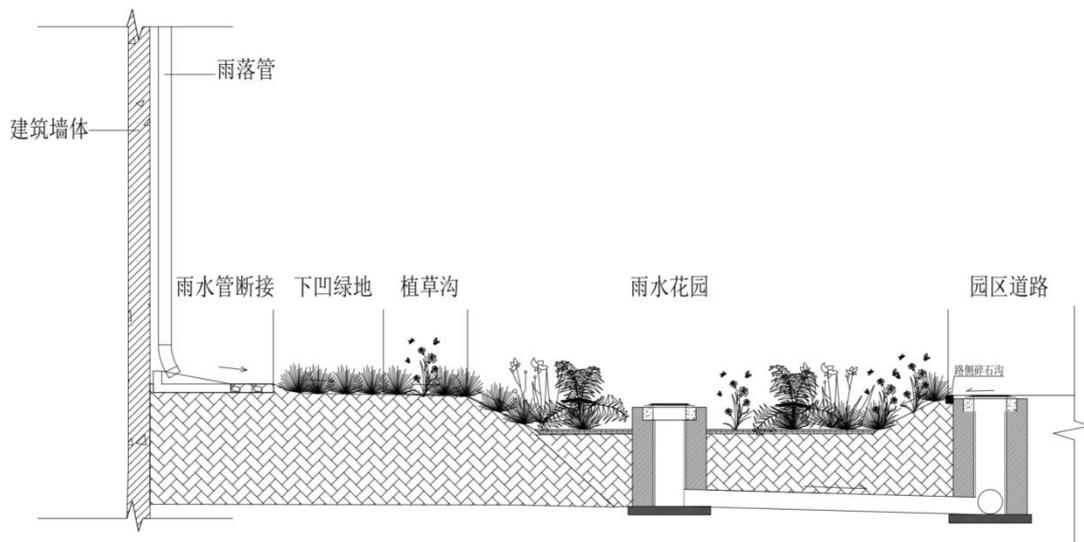


多层建筑雨落管断接示例 3



多层建筑雨落管断接示例 4

图 6-13 雨落管断接典型构造示意图



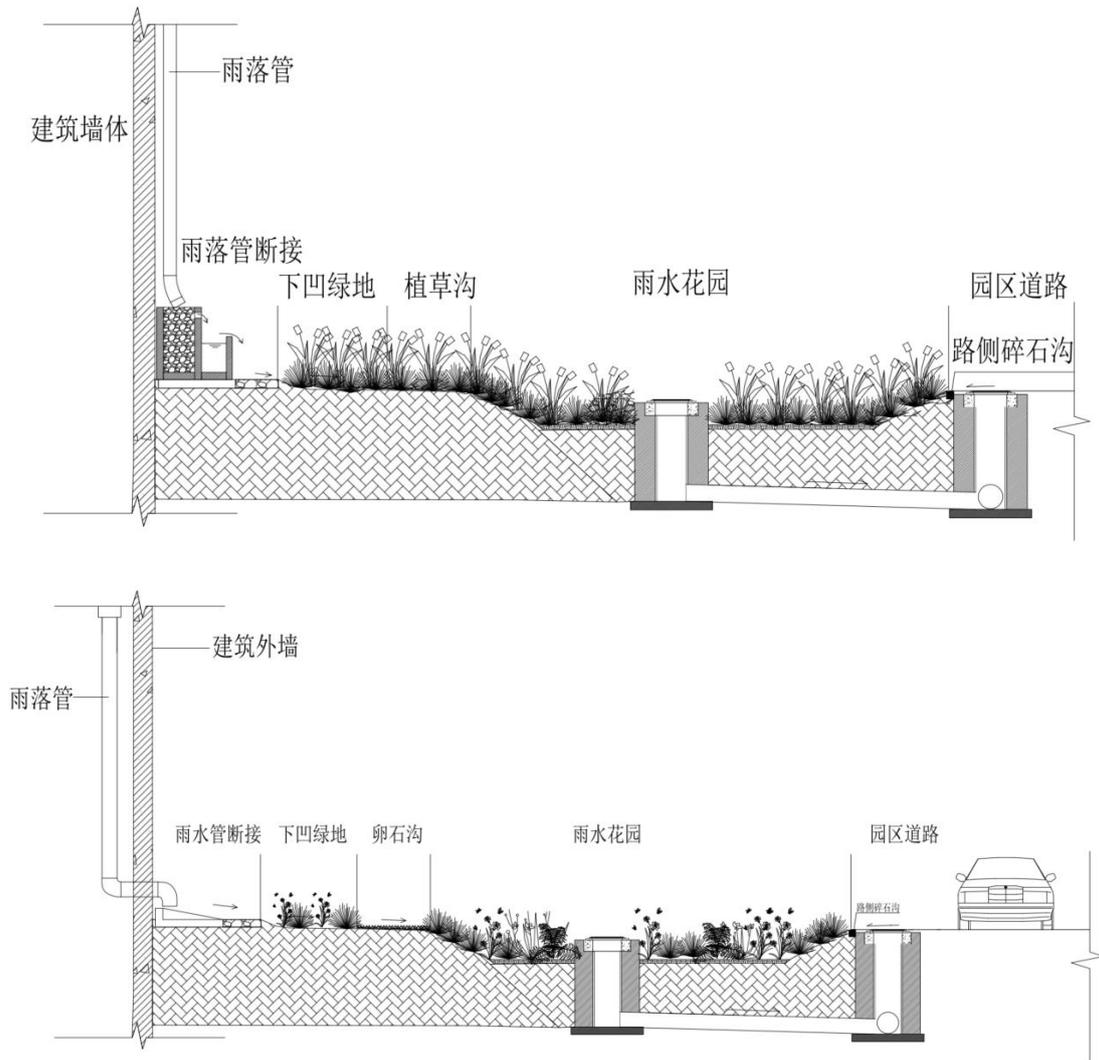


图 6-14 雨落管断接与周边低影响开发设施衔接关系示意图

4. 关键设计参数

建筑雨落管断接可按如下设计要点进行设计：

- (1) 建筑雨落管断接形式应根据建筑雨水排放方式、周边场地条件等确定；
- (2) 高层建筑的断接应设置布水消能措施，防止对绿地造成侵蚀。污染严重的工业汇水区域，一般不宜做雨落管断接，以避免污染转移扩散；
- (3) 接收雨水落水管截流的面积至少为截流屋面面积的 10%。当土壤渗透性能较差时，应适当增大接受屋面径流的面积；
- (4) 雨水落水管截流的地表坡度不宜超过 10%，确保地表坡度能使降雨径流远离建筑物。

5. 施工注意事项

雨落管断接施工应严格遵循设计要点。针对已建建筑雨落管断接改造项目，还应注意如下施工要点：

(1) 在雨水落水立管进入管道系统前，切掉大约 20~30cm 长的一段。具体长度由延伸管来确定。

(2) 移去切掉的雨落立管，并把进入管道系统的管段加上一个管帽。

(3) 在剩下的雨落立管末端加上一个弯头，并连接延伸管。延伸管的末端离地基至少 1.8m，离建筑红线至少 1.5m。

(4) 对采用内排水方式的雨落管改造，管道穿过墙体的施工方式应符合《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300 的规定。

6.4.3 绿色屋顶

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

1. 适用条件

适用于平屋顶（采用水泥抹面）、平台或坡度较缓的屋顶，如坡度超过 15% 时需增加防滑、防冲蚀等设施；新建建筑设计中应将绿色屋顶与屋面荷载、防水等要求一起考虑；已建建筑多为坡屋顶，如经过荷载核算符合承载条件，可采取简单绿化的做法，将各层厚度和荷载相应减小。

2. 功能、特点

- (1) 滞留、净化屋面雨水，降低径流污染负荷；
- (2) 增加空气湿度，降低室内外温度；
- (3) 释放氧气，滞留飞尘，改善空气质量；
- (4) 固定二氧化碳，减少碳排放；
- (5) 提高城市绿化面积，美化环境。

3. 典型结构

绿色屋顶结构主要包括：防水层、保护层、排水层、过滤层、种植土壤层和植物。

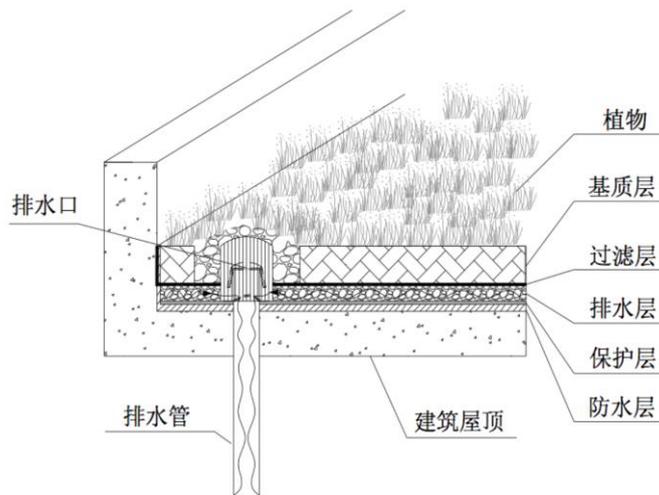


图 6-15 绿色屋顶结构示意图

4. 关键设计参数

(1) 绿色屋顶的设计附加负荷宜为 $300\text{kg}/\text{m}^2$ ，具体项目应根据结构专业计算确定。

(2) 绿化屋面应按设计要求铺设防水层，其材料可选用改性沥青防水卷材、改性沥青聚乙烯胎防水卷材、聚氯乙烯防水卷材、高分子防水材料等，厚度应根据《种植屋面工程技术规程》JGJ155 中规定的数值选取。蓄水检查防水层施工完毕并经自然养护 2d 后，蓄水（最浅处不小于 10cm）48h，检查无任何渗漏后验收合格。

(3) 当植物根系有可能刺穿防水层时，应设置保护层，可采用热塑塑料等保护膜，厚度宜大于 30mm。

(4) 排水层可采取天然砂砾、碎石等材料，厚度宜大于 30mm，最大排水能力大于 $4\text{L}/(\text{m}\cdot\text{s})$ 。

(5) 过滤层可采用规格为 $150\text{g}/\text{m}^2\sim 300\text{g}/\text{m}^2$ 土工布铺设，接口处土工布搭接长度不少于 15cm。

(6) 土壤层厚度应按照种植植物要求确定，适宜厚度为 100~250mm，密度一般介于 $714\sim 892\text{kg}/\text{m}^3$ ，渗透系数在 $1\times 10^{-5}\text{m}/\text{s}$ 到 $1\times 10^{-4}\text{m}/\text{s}$ 之间。

5. 施工注意事项

绿化屋面的保温隔热层、找平层、基层以及防水层的做法应符合《种植屋面工程技术规范》JGJ155 中的相关规定。绿化屋面的排水层和过滤层施工应满足以下规定：

- (1) 排水层必须与排水系统连通，保证排水畅通；
- (2) 塑料渗排水板宜采用搭接法施工，搭接宽度不小于 100mm；
- (3) 网状交织渗排水板宜采用对接法施工；
- (4) 采用轻质陶粒作排水层时，铺设应平整，厚度应一致；
- (5) 过滤层空铺于渗排水层之上时，铺设应平整、无皱折，搭接宽度不应小于 100mm；
- (6) 过滤层无纺布的搭接，应采用粘合或缝合。

6.4.4 下沉式绿地

下沉式绿地是指比周边地面或道路低的绿地，利用植被截留和土壤渗透，积蓄、下渗、净化自身和周边雨水径流的生态型雨水渗透设施。

1. 适用条件

下沉式绿地可设置在居住区绿地，商业、服务业及工业用地的建筑物、街道、广场及停车场等不透水地面周边的绿地，道路的中央隔离带或设在微地形中的下凹处，用于收集蓄渗小面积汇水区域的径流雨水，也可在公共设施用地、集中绿地、市郊等空旷区域大规模应用，从而提高整个区域的雨洪滞蓄能力。

2. 功能、特点

- (1) 截留污染物，净化雨水径流水质，减少水体污染；
- (2) 增加土壤入渗量和地下水资源量，减少绿地的灌溉用水；
- (3) 增加渗透面积，减少热岛效应；
- (4) 削减峰流量，减少洪涝灾害。

3. 典型结构

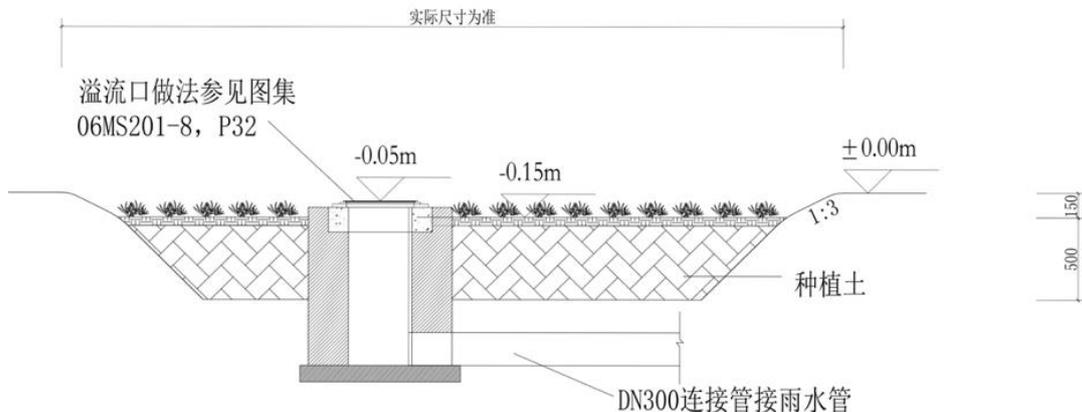


图 6-16 粗放型下沉式绿地典型构造示意图

4. 关键设计参数

(1) 绿地下凹深度宜为 100~200mm, 且不大于 200mm, 溢流口顶部标高一般高于绿地 50~100mm;

(2) 选择耐盐、耐污、耐淹、耐旱的乡土草本植物, 植物的耐淹时间宜为 1~3d;

(3) 下凹式绿地的调蓄空间与其下凹深度有关, 一般取平均下凹深度乘以其面积, 即为其调蓄容积;

(4) 下沉式绿地应设置在设施底部渗透面距离季节性最高地下水位或岩石层大于 1m 及距离建筑物基础大于 3m (水平距离) 的区域;

(5) 下沉式绿地溢流口周围应增设砾石以过滤树叶等杂质;

(6) 种植土应具备常规土壤的外观, 有一定的疏松度, 无明显结块, 无建筑垃圾及生活垃圾等杂物。土壤应疏松湿润, 排水良好, 含有机质的肥沃土壤。酸碱度宜控制在 PH6.5~7.5。土壤类型可以根据种植品种的不同进行搭配组合, 一般选用渗透系数较大的土壤, 土壤深度依据植物类型而定, 草本植物所需深度为 20~30cm, 灌木植物为 50~80cm, 乔木植物需要大于 100cm。在有较大径流通过的种植土区域, 应结合生态固坡技术设置防冲刷措施, 保证种植土的稳定性。

5. 施工注意事项

(1) 下沉式绿地施工应注意于周边景观绿地标高的衔接, 避免垂直下沉做法;

(2) 下沉式绿地中溢流口标高应严格按设计图纸施工, 保证下沉绿地的调蓄空间。

6.4.5 生物滞留设施

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, 主要用于处理高频率的小降雨以及小概率暴雨事件的初期雨水, 超过处理能力的雨水通过溢流系统排放。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。

1. 适用条件

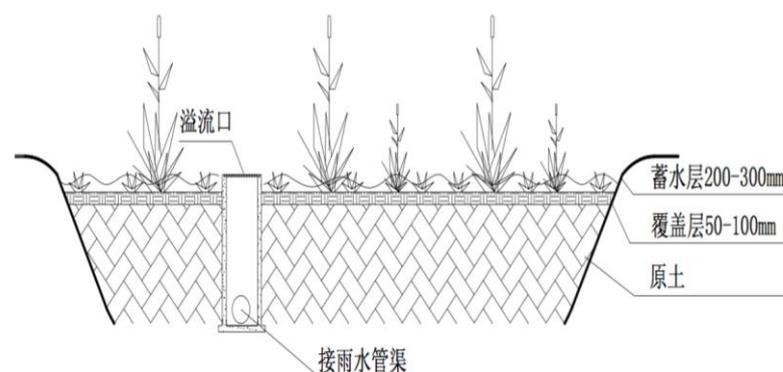
生物滞留设施主要适用于建筑与小区内建筑、道路及停车场的周边绿地,以及城市道路绿化带等场所。对于径流污染严重、设施底部渗透面距离季节性最高地下水位或岩石层小于 1m 及距离建筑物基础小于 3m(水平距离)的区域,可采用底部防渗的复杂型生物滞留设施。

2. 功能、特点

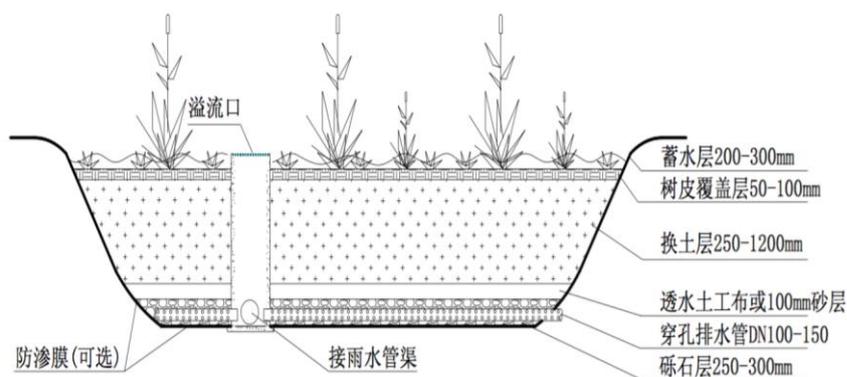
- (1) 减少雨水径流、削减峰值流量;
- (2) 净化雨水径流水质, 减少径流污染;
- (3) 下渗、滞蓄雨水, 涵养地下水;
- (4) 增加渗透面积, 减少热岛效应;
- (5) 形式多样、适用区域广、易与景观结合, 建设费用与维护费用较低, 具有一定的社会效益和经济效益。

3. 典型结构

生物滞留设施按结构可分为简易型和复杂型两类, 典型构造示意图见图 6-17。



简易型生物滞留设施构造示意图



复杂型生物滞留设施构造示意图

图 6-17 生物滞留设施构造示意图

4. 关键设计参数

(1) 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;

(2) 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 100mm;

(3) 生物滞留设施宜分散布置且规模不宜过大;

(4) 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,土工布单位质量宜为 200~300g/m²。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;

(5) 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 200~300mm, 并应设 100mm 的超高;

(6) 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,土工布单位质量宜为 200~300g/m²。也可采用厚度不小于 100mm 的砂层(细砂和粗砂)代替;

(7) 砾石层起到排水作用,厚度一般为 250~300mm,可在其底部埋置管径为 100~150mm 的打孔排水管,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。

5. 施工注意事项

(1) 生物滞留设施与建筑基础间距离应大于 3m;

(2) 生物滞留设施底部离常年地下水层至少 0.6m。

6.4.6 透水铺装

透水铺装是利用透水材料替代传统的混凝土、水泥、沥青等,铺设广场、停车场及人行道等硬化路面,使其在保持原有功能的前提下,提高雨水的下渗能力,减小下垫面径流系数的雨水控制利用设施。透水铺装按照面层材料分为透水砖路

面、透水水泥混凝土路面和透水沥青路面。传统的园林铺地的鹅卵石地面铺装也是透水铺装的一种。

1. 适用条件

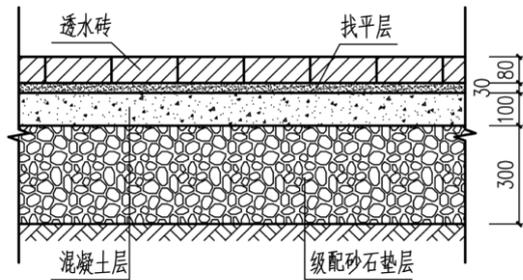
透水铺装主要适用于广场、停车场、人行道以及车流量较少的道路。其中，透水砖路面一般用于居住区、公园的道路步行道，透水水泥混凝土路面用于小区道路、非机动车道等，透水沥青混凝土路面用于快速路或高速公路，嵌草砖一般适用于低流量交通区域，如宅区间小路、停车场、高尔夫手推车车道、建筑与小区人行道等。地下水位或不透水层埋深小于 1.0m 以及严重的自重型湿陷性黄土处不宜采用透水铺装。

2. 功能、特点

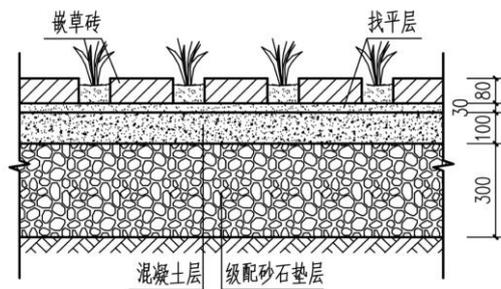
- (1) 有效促进雨水入渗，补充地下水；
- (2) 削减雨水径流量，减少对硬化铺装的冲刷；
- (3) 有效净化雨水径流，延缓径流流速。

3. 典型结构

透水铺装主要由地表铺装材料和基质层构造两部分组成。典型结构示意图如下图所示。



透水铺装结构示意图 1



透水铺装结构示意图 2

图 6-18 透水铺装结构示意图

表 6-1 透水铺装不同构造做法表

简图	构造做法	附注
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 60mm 透水路面砖，粗砂扫缝，洒水封缝； 2. 30mm 粗砂找平层； 3. 200mm 天然级配砂石碾实； 4. 素土夯实，压实西施 ≥ 0.93。 	<p>适用于园 区人行 道、甬道 及运动场 地等。</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 80mm 透水路面砖，粗砂扫缝，洒水封缝； 2. 30mm 粗砂找平层； 3. 100mm C20 无砂大孔混凝土基层（浇筑前将级配砂石垫层用水湿润）； 4. 300mm 天然级配砂石碾实； 5. 素土夯实，压实系数 ≥ 0.93。 	<p>适用于行 车荷载小 于等于 5T 的车行 道、停车 场及回车 场</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 80mm 透水路面砖，粗砂扫缝，洒水封缝； 2. 30mm 粗砂找平层； 3. 130mm C20 无砂大孔混凝土基层（浇筑前级配砂石垫层用水湿润）； 4. 300mm 天然级配砂石碾实； 5. 素土夯实，压实系数 ≥ 0.93。 	<p>适用于行 车荷载大 于 5T 且小 于等于 8T 的车行 道、停车 场及回车 场</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 100mm 透水路面砖，粗砂扫缝，洒水封缝； 2. 30mm 粗砂找平层； 3. 180mm C20 无砂大孔混凝土基层（浇筑前级配砂石垫层用水湿润）； 4. 300mm 天然级配砂石碾实； 5. 素土夯实，压实系数 ≥ 0.93。 	<p>适用于行 车荷载大 于 8T 且小 于 13T 的 车行道、 停车场及 回车场</p>

	<ol style="list-style-type: none"> 1. 80mm 预制嵌草水泥砖，砖孔及砖缝处填种植土内掺草籽； 2. 30mm 黄土粗砂（砂：土=1：1）； 3. 100mm C20 无砂大孔混凝土基层（浇筑前将级配砂石垫层用水湿润）； 4. 300mm 天然级配砂石碾实（内设渗透管）； 5. 素土夯实，压实系数≥ 0.93。 	<p>适用于行车荷载小于等于 5T 的绿化停车场</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 80mm 预制嵌草水泥砖，砖孔及砖缝处填种植土内掺草籽； 2. 30mm 黄土粗砂（砂：土=1：1）； 3. 150mm 碎石碾压密实； 4. 300mm 3：7 灰土（分两步夯实）； 5. 素土夯实，压实系数≥ 0.93。 	<p>适用于行车荷载小于等于 5T 的绿化停车场</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 50mm C20 无砂大孔混凝土，面层分块捣制，随打随抹，每块长度不大于 6M，缝宽 20mm，浸油松木条嵌缝； 2. 100mm 天然级配砂石碾实； 3. 素土夯实，压实系数≥ 0.93。 	<p>适用于人行道、甬道、配运动场地等</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 涂刷靓固保护剂； 2. 30mm 彩色透水整体混凝土路面面层，摊铺、找平、收光； 3. 90mm 彩色透水整体混凝土路面面层，摊铺、收光； 4. 20mm 粗砂找平、碾实 5. 200mm 级配碎石碾实； 6. 路基碾实，压实系数≥ 0.93 	<p>适用于大型广场、停车场、景观大道及体育馆</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 120mm C20 无砂大孔混凝土，面层分块捣制，随打随抹，每块长度不大于 6M，缝宽 20mm，浸油松木条嵌缝； 2. 300mm 天然级配砂石碾实； 3. 素土夯实，压实系数≥ 0.93 	<p>适用于行车道小于等于 5T 的车行道、停车场及回车场</p>

4. 关键设计参数

(1) 透水铺装坡度不宜大于 2%，当坡度大于 2%时，沿长度方向应设置隔断层，隔断层顶宜设置在透水面层下 2~3cm；

(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) 透水面层应满足下列要求：

渗透系数应大于 $1 \times 10^{-4} \text{m/s}$ ，可采用透水面砖、透水混凝土、草坪砖等，当采用可种植植物的面层时，宜在下面垫层中混合一定比例的营养土；透水面砖的有效孔隙率应不小于 15%，透水混凝土的有效孔隙率不小于 15%；当面层采用透水面砖时，其抗压强度、抗折强度、抗磨强度等应符合《透水砖》JC/T945 中的相关规定。

(4) 透水找平层应满足下列要求：

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；厚度宜为 20mm~50mm。

(5) 透水基层和透水底基层应满足下列要求：

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；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%；垫层的厚度不宜小于 150mm。

(6) 当土壤渗透能力有限时，应在透水铺装的透水基层内设置渗透排水管或疏排水板；

(7) 透水铺装地面设计降雨量应不小于 45mm，降雨持续时间为 60min；

(8) 雨水径流水质等级低于 IV 级时不宜采用渗透铺装；周边的客水不宜引导到渗透铺装上；

(9) 透水铺装结构层厚度，可参考《透水砖路面技术规程》CJJ/T188 及《城市道路-透水人行道铺设》10MR204 的相关规定设计。

5. 施工注意事项

(1) 土基的土质、开挖深度、压实度等应符合设计要求。土基碾压应从边缘向中央进行，达到设计要求压实度为止。不宜采用压路机碾压时，应用人工或振

动振荡夯实机等夯实。土基施工可执行《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268-2008；

(2) 透水铺装面层与基层的施工应符合《透水砖路面技术规程》CJJ/T188-2012、《透水混凝土路面技术规程》CJJ134-2009、《透水沥青路面技术规程》CJJ/T190-2012 的相关规定；

(3) 透水底基层摊铺时应适量洒水并压实，压实系数为不小于 0.93。碎石透水底基层施工可执行《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268。

(4) 透水铺装结构层厚度可参考《透水砖路面技术规程》CJJ/T188 第 5 章的相关要求进行确定；

(5) 面层施工前，应根据设计要求进行路面的定位及标定高程。铺装时应避免与路缘石出现空隙，如有空隙应用在建筑物一侧，当建筑物一侧及井边出现空隙可用切割砖填平；

(6) 铺装过程中，不应在新铺装的路面上拌和砂浆、堆放材料或遗撒灰土。面层铺装完成到基层达到规定强度前，应设置围挡，维持铺装完成面的平整。

6.4.7 渗透塘

渗透塘也称干塘，可有效补充地下水，还可起到净化水质，削减峰值流量的作用。

1. 适用条件

渗透塘适用于汇水面积较大（大于 1hm^2 ）的场地，但不适用于土壤渗透性能差（渗透系数小于 10^{-6}m/s ）、径流污染严重、渗透面距离季节性最高地下水位或基岩层小于 1m 及距离建筑物基础小于 3m 的区域以及空间条件不足的区域。

2. 功能、特点

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。

3. 典型结构

渗透塘典型构造如图 6-19 所示。

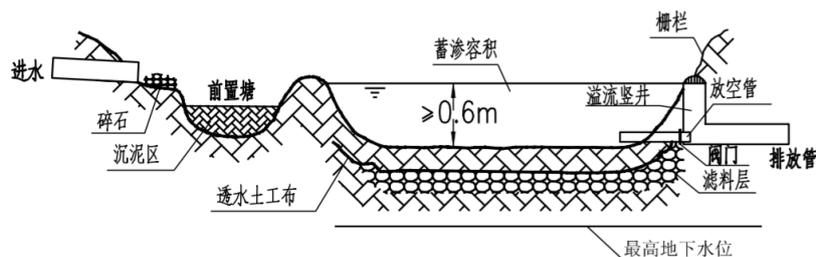


图 6-19 渗透塘典型构造示意图

4. 关键设计参数

渗透塘设计应满足以下要求：

- (1) 渗透塘边坡坡度一般不大于 1:3，宽深比不小于 6:1，塘底至最高水位不小于 0.6m；
- (2) 渗透塘底部一般应设置 200~300mm 的种植土、透水土工布和 300-500mm 的过滤介质层；
- (3) 渗透塘排空时间应不大于 24h；
- (4) 渗透塘前宜设置沉泥井、植草沟等预处理设施；
- (5) 渗透塘应设溢流设施，渗透塘外围应设安全防护措施。

6.4.8 渗透管渠

渗管指具有渗透功能的雨水管，多为穿孔 PVC 或 HDPE 管、无砂混凝土管，渗管铺设坡度不宜大于 2%。渗管典型构造可参照国家建筑标准设计图集《雨水综合利用》10SS705。

1. 适用条件

渗管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）。

2. 功能、特点

渗管对场地空间要求小，但建设及维护费用较高，渗透补充地下水的作用有限。

3. 典型结构

渗透管渠典型结构见图 6-20。

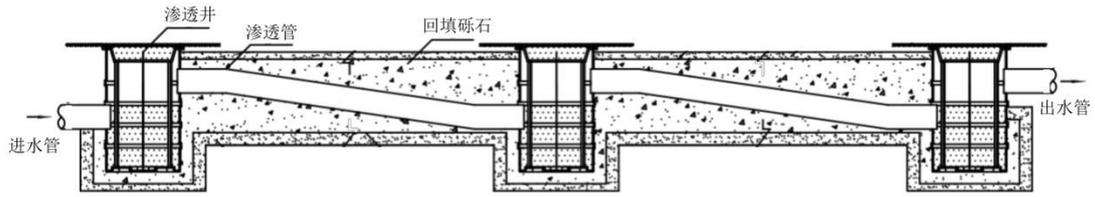


图 6-20 渗透管渠典型构造示意图

4. 关键设计参数

(1) 渗透管渠排水的设计坡道不应小于《室外排水设计规范》中管道的最小坡度要求，渗井的间距应满足《室外排水设计规范》GB50014 的要求，且不大于《建筑与小区雨水利用工程技术规范》GB50400 的要求。管道的排水能力应由水力参数确定，以满流工况计算；

(2) 渗透管的敷设坡度应大于 0.01，管径不宜大于 DN400；

(3) 渗透管开孔应为梅花形均匀开孔，开孔率宜为 1%~3%，孔径宜为 8~12mm。

5. 施工注意事项

(1) 渗透管渠开挖参照《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268；

(2) 渗透管渠回填要求：

a. 回填时可在管顶设置 100mm 厚粗砂保护层；

b. 回填土密度应符合具体设计要求，密实度检验可用环刀法检验；在设计无要求时，可按以下要求执行：渗透管渠顶面上部 0.5m 覆土内为 85%，渗透管渠顶面上部 0.5m 外至地面为 80%，沟槽回填的密实度为 90%。

6.4.9 渗井

渗井是挖掘的井坑中填入小型砾石或石块等填料组成的地下渗透设施。渗井的作用是将屋面或地表径流暂时储存在干井和周围填料的空隙中，并通过持续渗透作用将雨水渗透到周围土壤中。与渗透沟渠相比，渗井的处理雨水规模较小，一般不大于 0.4 公顷的汇流面积，一般多用于处理屋顶等径流雨水。

1. 适用条件

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。一般不适用于雨水径流污染地区，如工厂等，因为高浓度的径流污染可能造成干井的阻塞和地下水的污染。渗井距离建筑物一般要保持一定的距离，以保证建筑物地基的稳定性，同时，应与取水井和污水设施保持一定的距离。当渗井应用于径流污染严

重、设施底部距离季节性最高地下水位或岩石层小于 1m 及距离建筑物基础小于 3m（水平距离）的区域时，应采取必要的措施防止发生次生灾害。

2. 结构、特点

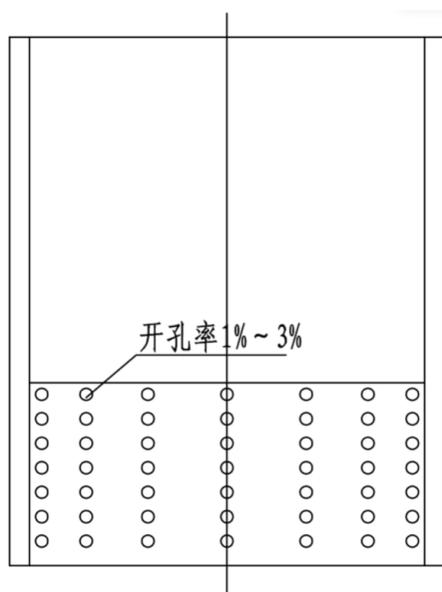


图 6-21 渗井典型构造示意图

3. 关键设计参数

(1) 超过渗井处理的径流雨水应设施溢流设施将多余雨水排走，以防止造成地表积水等危害；

(2) 适用于较小的不透水汇流区域，汇流面积一般小于 0.4 公顷；

(3) 渗井内储存的雨水停留时间应不大于 2~3 天；

(4) 应保证渗井的底部与地下季节性高水位至少有 0.6m~1.5m 的距离，以防止地下水污染；

(5) 距特殊设施最小距离：建筑红线3m，建筑地基3m，取水井15m；

(6) 渗透井安装时均应在其四周设置碎石渗透层，碎石粒径为20mm~30mm，渗透层外包不小于200 g/m²的土工布；

(7) 渗井井壁可以使用砖砌、钢筋混凝土浇筑或预制，其强度应满足地面荷载和侧壁土压力要求；

(8) 渗井由于存在渗透堵塞的问题，应在渗井前设置截污、弃流等预处理措施。

4. 施工注意事项

渗透井施工应按《塑料排水检查井应用技术规程》DB11/T967 的要求进行施工，并满足下列规定：

(1)当井径 $\leq 600\text{mm}$ 时，井体单侧净空不小于 200mm；当井径 $> 600\text{mm}$ 时，井体单侧净空不小于 250mm；

(2)井底与井壁开孔区均填充 200mm 厚碎石层渗透层，渗透层外包土工布。土工布的搭接宽度不小于 500mm；

(3)井坑底部应铺设厚度 100mm 的粗砂层；

(4)井的进水管的管顶标高应低于出水管的管内底标高，但不应高于上游相邻井的出水管管底，并按设计图纸施工。

6.4.10 植草沟

植草沟是在地表沟渠中种有植被的一种工程性设施，一般通过重力流收集雨水，并通过植被截流和土壤过滤处理雨水径流，可用作收集、输送雨水的生态设施。

1. 适用条件

植草沟一般适用于居住区绿地，道路中央隔离带及两侧绿化带，广场、停车场等不透水地面周边的绿地，及各类集中绿地。可以同雨水管网联合运行，条件（土质、坡度、景观等）适合时也可代替雨水管网，在完成输送排放功能的同时满足雨水的收集及净化处理的要求。

2. 功能、特点

- (1) 生态的雨水输送途径，截流径流污染物；
- (2) 滞留雨水径流，削减径流峰流量；
- (3) 增加绿地景观效果；
- (4) 不占用专门土地，提高土地使用效率；
- (5) 造价低，可节约管道建设维护费用。

3. 典型结构

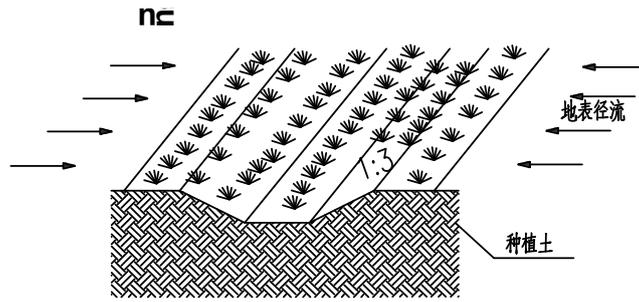


图 6-22 植草沟结构示意图

4. 关键设计参数

- (1) 植草沟适合各种土壤类型，种植土壤不小于 30cm；
- (2) 植草沟中心线距离建筑基础至少 3m，如果浅沟距离建筑物小于 3m，应于植草沟和建筑之间铺设防水材料；
- (3) 植草沟所服务汇水面积不大于 1400m²（折合不透水面积），当植草沟长度过长（大于 100m）或穿路时可采用暗渠（管）配合输送雨水；
- (4) 植草沟坡度大于 5%，长度超过 30m 时，可考虑增设台坎，以减少流速，增加入渗雨水量。台坎由卵石、砖块、木头或混凝土等材料制成，一般 7~15cm，每 4~6m 设置一处或每条浅沟设置 2 处；
- (5) 植草沟断面形式宜采用抛物线形、三角形或梯形；
- (6) 植草沟的流量可以用曼宁公式计算：

$$Q = AR^{0.67}S^{0.5}/n$$

式中：Q——雨水设计流量，m³/s；

n——粗糙系数（无量纲）；

S——纵断面坡度，垂直高度/水平宽度（无量纲）；

A——横断面积，m²；

R——水力半径，m。

- (7) 植草沟关键设计参数见表 6-2。

表 6-2 植草沟部分设计参数取值推荐表

设计参数	取值（范围）	设计参数	取值（范围）
浅沟深度	50~250mm	浅沟顶宽	0.5~2.0m
浅沟长度	宜大于 30m	草的高度	50~150mm
侧面坡度	1: 3~1: 5	最大径流速度	0.8m/s

曼宁系数	0.2~0.3	浅沟纵向坡度	0.3%~5%
------	---------	--------	---------

5. 施工注意事项

植草沟及生态沟渠施工应严格按照相应设计标准执行。

6.4.11 雨水塘

雨水塘是具有接纳、滞留和调蓄来自服务汇水面雨水径流功能的水塘。可分为两类，一类为湿塘，长期保持一定的水位；另一类为干塘，只有雨季才有水。

1. 适用条件

雨水塘可应用于公园、滨河等集中绿地、居住区绿地等具有较大空间的城市功能区，也可设置在需控制雨水径流量的区域。

2. 功能、特点

- (1) 控制峰流量，减少径流量，降低区域洪涝风险；
- (2) 净化雨水径流，去除径流中 SS、N、P 和 COD 等污染物；
- (3) 潜在的野生动物栖息地，营造良好的生态环境；
- (4) 具有一定的景观价值和娱乐功能。

3. 典型结构

雨水塘由进水管、前置塘（沉淀区域）、植物种植地带、溢流设施和排水口组成。

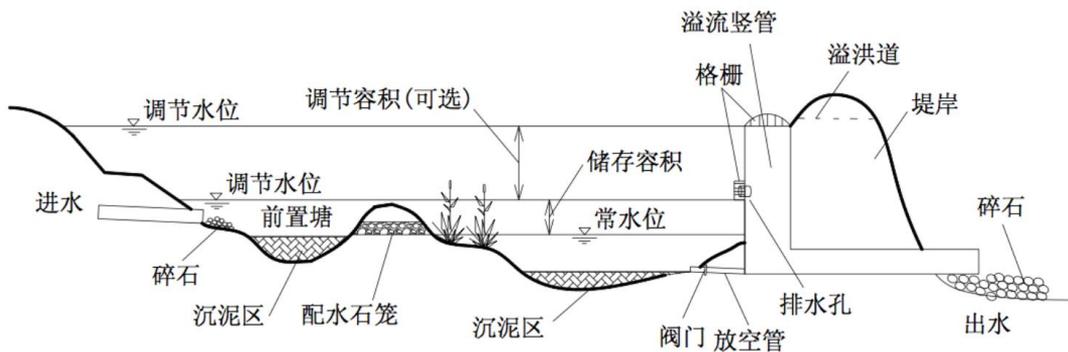


图 6-23 雨水塘结构示意图

4. 关键设计参数

表 6-3 雨水塘设计参数表

项目	干塘	湿塘
适用汇水面积 (hm ²)	4~10	10~100
水力停留时间 (d)	7	7
有效深度 (m)	1	1.5

平均水深 (m)	0	1
底层厚 (m)	0	0~0.25

- (1) 雨水塘长宽比一般大于 3: 1, 推荐的长宽比为 4: 1~5: 1;
- (2) 雨水塘边坡坡度应小于 3: 1;
- (3) 由于湿塘常年有水, 根据经验宜服务较大的汇水面积;
- (4) 对湿塘, 建议设计时进行水量平衡计算, 确定合理的规模, 达到更好的运行和景观效果。

5. 施工注意事项

雨水塘设计应严格按照其设计标准施工。雨水塘开挖与回填可按调蓄池施工注意事项施工。

6.4.12 雨水湿地

雨水湿地是一种通过模拟天然湿地的结构和功能, 人工建造的、与沼泽类似的、用于径流雨水水质控制和洪峰流量控制的分散式、小型的工程性设施。

1. 适用条件

雨水湿地可分为在线式和离线式两类, 一般可应用于西咸新区水质污染较严重、公共设施用地内的水域与陆地交界地区 (如公园、河湖旁) 以及具有较大空间的居住小区, 也可设置在需控制雨水径流量的地区。

2. 功能、特点

- (1) 净化雨水径流, 去除径流中 SS、N、P 和重金属等污染物;
- (2) 控制峰流量, 降低区域洪涝风险;
- (3) 减小雨水径流对下游设施的负荷冲击;
- (4) 为野生动植物提供栖息地, 具有良好的生态景观效果;
- (5) 维护低、综合效益高。

3. 典型结构

雨水湿地由进水管、前置塘 (沉淀区域)、高/低沼泽地带、湿塘、溢流设施和排水口组成。

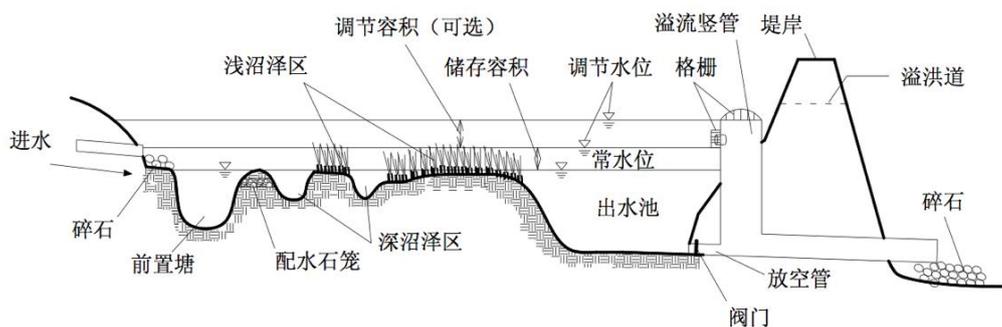


图 6-24 雨水湿地结构示意图

4. 关键参数设计

(1) 湿地深水区约 0.45~1.8m；高沼泽带在常水位下 0.15m；低沼泽带在常水位 0.15~0.45m；

(2) 雨水湿地在设计时，部分参数可参考表 6-4 的参数；

表 6-4 雨水湿地设计取值推荐表

项目	雨水湿地
适用汇水面积 (ha)	> 10
水力停留时间 (d)	7
构筑物有效深度 (m)	0.6
构筑物内平均水深 (m)	0.3
构筑物底层厚 (m)	0.25

(3) 雨水湿地常年有水，根据经验宜服务较大的汇水面积；

(4) 表 6-5 是根据实际经验，湿地各组成区域在整个湿地中所占的面积比例；

表 6-5 湿地各区域所占的面积比例

湿地各组成区域	面积比例
沉淀区域	10%
深水区	20%
低沼泽地带	35%
高沼泽地带	30%
干湿交替带	5%

(5) 以上数据仅供参考，湿地各组成区域所占的面积比可根据西咸新区各项项目的条件和实际要求适当调整；

(6) 雨水湿地岸边高程应高于溢流口 30cm 以上。雨水湿地应根据汇水面积、蒸发量、渗透量、湿地滞流雨水量等实际情况计算水量平衡，保证在 30d 干旱期内不会干涸。

5. 施工注意事项

雨水湿地设计应严格按照其设计标准施工。雨水湿地开挖与回填可按调蓄池施工注意事项施工。

6.4.13 多功能调蓄设施

景观水体等多功能调蓄设施是将景观水体水位设置一定的变化高度，并利用低洼地、池塘、湿地、人工池塘等收集调蓄利用雨水的综合性工程措施。多功能调蓄是在传统的、功能单一的雨水调节池的基础上发展起来的，这类设施与一般雨水调节池的最明显的区别是，暴雨设计标准较高。规模大，而在非雨季或没有大的暴雨时，这类设施可以全部或部分地正常发挥城市景观、公园、绿地、停车场、运动场、市民休闲集会和娱乐场所等多种功能，从而现在地提高对城市雨洪科学化管理与利用的水平和效益/投资比。

1. 适用条件

景观水体等多功能调蓄设施适用于建造景观水体的居住小区、办公区域、公园和西咸新区的开放空间等，适用于雨水的集中调蓄利用。

2. 功能、特点

(1) 调蓄暴雨峰流量，减少洪峰对周边或下游重要区域造成的水涝灾害，提高防涝标准；

(2) 调蓄的雨水可用于绿化、冲洗道路等，节约水资源；

(3) 补充水景蒸发和渗漏损失，降低水景的运行成本；

(4) 减少雨水外排，提高排水系统的排涝能力；

(5) 有良好的景观效果，可提高土地的利用效率。

3. 典型结构

景观水体等多功能调蓄设施结构与雨水塘结构相似。

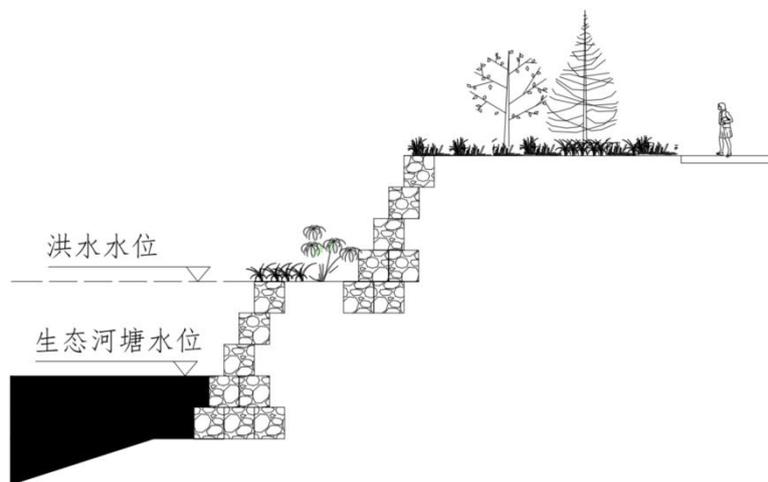


图 6-25 景观水体等多功能调蓄利用结构示意图

4. 关键设计参数

调蓄利用设施规模的确定：

(1) 根据多年的平均月降雨量及蒸发量，结合景观设计要求对水景调蓄收集的雨水的利用，进行水量平衡分析，确定水体容积、面积以及调蓄空间大小，并对蓄洪排涝要求进行校核；

(2) 综合考虑项目条件、实际情况及成本分析。

6.4.14 生态驳岸

滨水生态景观带依托临近滨水区绿地，以生态堤岸为核心，结合植被缓冲带、雨水花园、下凹绿地、雨水塘、雨水湿地等富有景观效果的低影响开发设施，兼具景观、游玩憩息功能的综合性场所。

1. 适用条件

适用于一定规模的河湖水体、景观水体、雨水塘和雨水湿地等。可采取适当措施将硬质驳岸改造成生态堤岸，从而降低径流流速，减少对水体的污染。

2. 功能、特点

- (1) 避免堤岸冲蚀，提高堤岸稳定性；
- (2) 与水体发生物质交换，增强水体自净能力；
- (3) 为生物提供栖息环境，为人们提供亲水环境；
- (4) 与水体结合，具有良好的景观效果。

3. 典型结构

根据驳岸材料，生态驳岸可分为植物驳岸、木材驳岸、石材驳岸等类型。下面简要介绍这几种生态驳岸。

(1) 植物型驳岸

充分利用驳岸植物发达的根系、茂密的枝叶及水生驳岸植物的净化能力，以固土保沙、防止水土流失，又可以增强水体的自净能力。当驳岸的坡度较大（大于 1:3）时，利用木桩或混凝土块筑起挡土墙，防止土壤坍塌。

植物型驳岸设计时结合水体功能、景观设计和人们的喜欢，以使用天然材料为主，并专门设有休闲娱乐的区域，为人们提供与水、植物、动物亲近的机会，与大自然和谐相处。

(2) 木材驳岸

捆柴技术是用固定成捆的粗柴和圆木保护坡底，利用捆柴栅栏后形成的稳定的砂土部分栽植植物，为了防止水土流失，还在粗柴组成的栅栏后面填充一层砂砾和碎石。

(3) 石材驳岸

石材驳岸可以做出石笼式或利用成品混凝土块铺成阶梯状、鱼巢式等形式。石笼驳岸使用金属丝网笼或竹笼装碎石。垒成台阶状驳岸或做成砌体的挡土墙，结合植物、碎石以增强其稳定性和生态性。阶梯状驳岸利用混凝土块铺成阶梯状，混凝土块内装填土壤，作为栽植基盘。



图 6-26 生态驳岸典型构造示意图

7 运行维护

7.1 运行维护主体

(1) 市政公用项目如公园、城市道路、河道等建设项目的低影响开发设施维护管理，可由原管养责任主体部门负责。

(2) 公共建筑的低影响开发设施由产权单位负责维护管理。

(3) 住宅小区等房地产开发项目的低影响开发设施由其物业管理单位负责维护管理。

7.2 低影响设施的运行维护

(1) 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，工作人员应经过专门专业技术培训上岗，所有的维护工作应作维护管理记录。

(2) 雨季来临前，应对各项分散式雨水控制利用设施进行清洁和维护，确保其安全运行；在雨季，定期对设施的运行状况进行检查。

(3) 严禁向雨水收集口和分散式雨水控制利用设施内倾倒垃圾、排放生活污水及工业废水。

(4) 可在分散式雨水控制利用设施旁设置标示牌，介绍设施的构造、作用等，有利于公众对设施的认知和维护。

(5) 应根据不同设施的功能要求，选择适宜的乡土植物。植物设计与维护应满足景观和设施正常运行的要求。

(6) 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。

(7) 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。

表 7-1 生物滞留设施（雨水花园和生态树池）

检查内容	检查周期
植物生长状况、密度、多样性	建造后 2 年内 1 月 1 次， 以后 1 年 4 次
土壤的干燥情况	1 年 4 次

雨水径流入口是否堵塞或冲刷破坏 查看配水和溢流设施是否有淤积	建造后 2 年内 1 年 4 次， 以后 1 年 2 次； 或大暴雨后 24 小时内
存水区是否有泥沙淤积 边坡是否坍塌 溢流口是否通畅	
雨水排空时间是否大于 48h	
出水水质	
维护内容	维护周期
补种植物 清除杂草、死株和病株 修剪植物，收割植被 及时浇灌植物，施加追肥	至少 1 年 2 次 视检查结果确定
杂物及垃圾的清理	根据检查结果确定
修整覆盖层、 更换覆盖层	1 年 1 次 根据检查结果而定
更换表层种植土、土工布或砂滤层	检查结果显示过滤层及地下排水层失去功效后，通常在使用 5-10 年后

表 7-2 植草沟、下沉式绿地、植被缓冲带

检查内容	检查周期
植物覆盖率是否达到 90% 是否有枯死 是否需要修剪	建造后 2 年内 1 月 1 次； 以后 1 年 4 次
配水、溢流设施是否有淤积 5% 植被浅沟出现底部淤积 排水是否顺畅 边坡是否有坍塌 台坎是否被冲开	建造后 2 年内 1 年 4 次； 以后 1 年 2 次； 大暴雨后 24h 内
维护内容	维护周期
补种、清除杂草、施肥、保证植物生长	按植物要求定期 按检查结果
清除溢流设施，配水设施淤积垃圾 清除草沟底部淤积	1 年 2 次 根据检查结果确定
修补坍塌部分，保持断面形状 修整草沟底部，保持草沟坡度 恢复台坎设置	定 大暴雨后 24h 内

表 7-3 植草沟植物修剪适宜高度

设计草长 (mm)	最高草长(mm)	修剪后高度 (mm)
50	75	40
150	180	120

表 7-4 渗透铺装

检查内容	检查周期
雨水入渗情况	在大暴雨 24h 内
维护内容	维护周期
清除路面垃圾	按照环卫要求定期清扫
透水面层清理(吸尘器抽吸、高压水冲洗)	根据透水路面检查结果确定 根据路面卫生状况不同, 2-3 年左右一次
更换透水面砖	根据路面卫生状况不同, 在使用了 5-10 年后透水面砖出现破损

表 7-5 雨水湿地、雨水湿塘、景观水体等多功能调蓄设施

检查内容	检查周期
护坡是否有坍塌损毁	1 年 2 次 大暴雨后 24h 内
前置塘淤积深度超过总深度的 50%	1 年 1 次
水生植物的覆盖率、是否需要修剪 是否有外来物种	1 年 3 次
进水口、出水口及溢流处的垃圾累积	1 年 4 次 大暴雨后 24h 内
控制门、阀及其他机械设施	约 1 年 1 次
维护内容	维护周期
修复坍塌损毁部分, 补种护坡种植物	根据检查结果确定
杀虫或清理淤泥	当出现异味或大量蚊虫时
补种、修剪水生植物 清理外来物种	根据检查结果; 当覆盖率达不到设计要求; 根据景观设计要求
清除滞留塘、深水区、出水池底部淤积	通常在使用 10-25 年后

表 7-6 过滤设施（雨水过滤池）

检查内容	检查周期
垃圾聚集情况	至少 1 月 1 次
过滤池是否有破坏和裂缝现象	约 1 年 1 次
泥沙淤积和雨水溢流情况	雨季 1 月 1 次
雨水排空时间大于 24h	大暴雨后 24h 内
出水水质	
维护内容	维护周期
清除垃圾、杂物	根据检查结果 约 1 年 4 次
更换过滤层、土工布或排水层	检查结果显示过滤层及 地下排水层失去功效 后，通常在使用 5—10 年后

表 7-7 绿色屋顶

检查内容	检查周期
种植物的生长状况、密度和多样性	建造后 2 年内 1 年 4 次 以后 1 年 2 次 大暴雨后 24h 内
雨水的入渗情况，是否有入渗到屋顶顶板	
溢流设施是否有淤积，排水是否通畅	
维护内容	维护周期
补种植物 清除杂草、死株和病株 修剪种植物，收割植被 及时浇灌植物，施加追肥	至少 1 年 2 次 视检查结果确定
清理溢流设施或通道淤积物	1 年 2 次 根据检查结果确定
更换土工布、排水层及其他设施	检查结果显示排水不畅、出水浑浊、入渗不畅或顶板渗水，通常在使用了 10-25 年后

表 7-8 生物浮岛

检查内容	检查周期
种植物的生长状况、密度和多样性	建造后 2 年内 1 年 4 次 以后 1 年 2 次 大暴雨后 24h 内
维护内容	维护周期

补种植物 修剪种植物, 收割植被 维护支架	至少 1 年 2 次 视检查结果确定
-----------------------------	-----------------------

表 7-9 雨水桶

检查内容	检查周期
雨水桶老化	建造后 2 年内 1 年 2 次
雨水桶是否有渗漏	
雨水桶内部是否有颗粒污染物 淤积	
维护内容	维护周期
更换配件 清理淤积物	至少 1 年 2 次 视检查结果确定

7.3 低影响设施的水质及安全保障

7.3.1 水质保障

(1) 源头截污设施: 可采取植草沟、下沉式绿地、雨水花园等雨水控制利用设施。

(2) 入湖处设置滨河净化带: 应在堤岸设计植被缓冲带, 降低水体流速, 同时可净化雨水。

(3) 构建水体生态系统: 应根据景观及净化要求, 选择具有西咸新区地域特点的水生植物, 进行合理搭配, 构成植物群落; 可选择放养蚌类、鱼类、螺蛳、青蛙等具有本地水生动物。

(4) 利用泵或湿地进行水流循环保障水质。

7.3.2 安全保障

(1) 下凹深度较大的设施附近应根据安全要求设置围栏、警示牌或安全平台。

(2) 雨水回用系统应采取防止误饮误用措施。雨水供水管外壁应按设计规定涂色或标识, 雨水收集及其回用水管道严禁与市政给水及生活饮用水管道相连接。当设有取水口时, 应设锁具或专门开启工具, 并有明显的“雨水”标识。

8 管理机制

8.1 管理主体

陕西省西咸新区开发建设管理委员会是西咸新区低影响开发雨水系统规划的审批主体，同时也是低影响开发雨水系统工程设计、建设和运行维护的监督管理主体。

西咸新区发展改革委、规划局、水利局、财政局等相关部门加强对西咸新区低影响开发设施的审查。

建设项目开发单位、设计单位、施工单位需依据本指南组织开展各阶段低影响开发设施的设计、建设并编制上报材料。

8.2 项目立项

应有对低影响开发设施的专题阐述，包括以下内容：

- (1) 建设项目是否位于地质灾害易发区；
- (2) 建设项目是否产生特殊污染源；
- (3) 建设项目开展雨水控制利用的其他限制性因素与有利条件；
- (4) 明确建设项目是否建设低影响开发设施。
- (5) 明确是否建设低影响开发设施，并明确执行本指南中的适用条文。

发展和改革委员会审批项目建议书，并对低影响开发设施的投资额度进行明确；规划部门根据申报材料，明确将是否开展低影响开发雨水系统建设结论列入选址意见书；环保部门在环评审批阶段，加强对低影响开发雨水系统建设可能带来的环境影响进行审查。

8.3 项目可行性研究

项目可行性研究报告应有低影响开发雨水系统规划专篇（章）。该专篇对项目在控制目标、非工程型技术、工程型技术设施、效益分析、风险分析等方面进行分析论证，确定建设项目拟实施的低影响开发雨水系统及相应的投资额度。

发展和改革委员会审批可行性研究报告，并对低影响开发雨水系统专篇进行审查；规划部门应调整建设项目规划审批程序，将低影响开发的控制指标作为城市规划许可的管控条件。

(1) 规划主管部门根据项目选址意见书申报材料，将是否开展低影响开发设施建设的结论明确列入选址意见书。

(2) 规划主管部门在出具规划设计条件时，把项目开展低影响开发建设的目标等相关条件纳入。

(3) 规划主管部门在建设用地图划决定书或土地使用权出让合同中把规划设计条件中的低影响开发等内容作为基本条款之一。

(4) 规划主管部门在用地规划许可审批过程中，将项目的低影响开发目标明确写入《建设用地规划许可证》及其附件。

(5) 规划主管部门在工程规划许可审批过程中，将项目的低影响开发目标、设施类型、设施规模等明确写入《建设工程规划许可证》及其附件。

8.4 方案设计

项目初步设计招标时，建设项目应在设计招标文件中编制低影响开发技术要求。设计单位提供的雨水系统设计方案应满足本指南基本条文的要求。初步设计审查时，应按照国家、地方相关规范及本指南进行技术评审。

(1) 审图机构根据设计报批文件（主要为总平面图，含径流系数计算表或设施能力核算表或模型计算表），明确项目低影响开发是否达标，并列入绿色建筑专项审查意见和建设工程方案设计核查意见。

(2) 建设主管部门根据审图机构出具的意见，决定是否核发建设项目施工许可。

8.5 施工图设计

设计单位提供的施工图设计文件应满足本指南基本条文的要求，并落实建设工程方案设计核查意见。

施工图设计文件审查机构应当按照本指南对本办法规定范围内的建设项目的的设计文件进行审查。审查意见书应明确列出低影响开发雨水系统的审查结论，不符合本指南的，施工图设计文件审查结论应当定为不合格。

施工图设计文件需变更设计，按规定程序重新进行施工图审查时，应同时审查低影响开发雨水系统的内容，设计变更不得降低雨水控制目标。

规划部门根据施工图审查意见，将项目雨水控制目标和低影响开发技术手段列入建设工程规划许可证。

8.6 竣工验收

低影响开发工程施工完毕后必须经过竣工验收合格后，方可投入使用。

竣工验收应由建设单位组织施工、设计、使用、监理单位、规划局等联合进行。至少由组成不少于 5 人的验收小组，对雨水设施组织验收。

规划主管部门组织的规划专项验收及建设主管部门组织的低影响开发专项验收中，将对于低影响开发内容的验收结果写入工程竣工验收文件，对于低影响开发内容不符合经审查通过的施工图设计文件的，定为验收不合格，不予颁发规划验收合格证。

大型工程还应进行中间验收；中间验收应由施工单位会同建设单位、设计单位、质量监督部门共同进行。主要对低影响开发设施建设的关键步骤进行验收。竣工验收资料齐全，并进行备案。

8.7 保障措施

西咸新区低影响开发雨水系统的保障措施可主要分为 3 个方面：政策引导、经济推动、加强宣传教育和培训工作。

(1) 政府应积极组织出台相应的法律、法规和管理办法促使开发商在建设项目的同时建设低影响开发设施。结合西咸新区当地条件，制定适合开发区域场地和管理体系特点的有关雨水控制利用管理条例或实施办法，对开发区域内新建、改建、扩建工程应进行低影响开发雨水工程设计和建设做出明确的规定。

(2) 经济杠杆在西咸新区建设项目雨水控制利用工程中发挥推动作用。政府应对实施低影响开发设施的建设项目给予经济补偿和政策优惠，以鼓励低影响开发雨水系统工程的建设。

(3) 低影响开发雨水系统工程还需通过加强宣传教育和培训等手段得到有效实施。对雨水利用的安全性和低影响开发设施的维护等具有重要意义。

8.8 其他规定

建设单位不得明示或暗示设计单位或施工图审查单位违反本指南基本条文进行设计或审查。

附录：

1 术语与定义

1.1 雨水控制与利用 stormwater management

指削减径流总量、峰值及降低径流污染和雨水资源化利用的总称。包括雨水滞蓄、收集回用和调节等。

1.2 低影响开发 Low Impact Development—LID

一种强调通过源头控制，维持和保护场地自然水文功能、有效缓解不透水面积增加造成的洪峰流量增加、径流系数增大、面源污染负荷加重的城市雨水管理理念。

1.3 雨水调蓄 stormwater detention, retention and storage

雨水滞蓄、储存和调节的统称。

1.4 雨水调节 stormwater detention

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。

1.5 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。

1.6 雨水储存 stormwater storage

在降雨期间储存未经处理的雨水。

1.7 雨量径流系数 volumetric runoff coefficient

一定时间内降雨产生的径流总量与总降雨量之比。

1.8 设计降雨量 design rainfall depth

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，可作为雨水控制利用设施规模的设计依据或标准，通常用日降雨量(mm)表示。

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

通过自然和人工强化的入渗、滞蓄、调蓄和收集回用方式，场地内累计一年得到控制的雨水径流量占全年总降雨量的比例。

1.10 生物滞留设施 bio-retention measure

指通过植物、土壤和微生物系统滞蓄、渗滤、净化雨水径流的设施，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、渗滤树池、高位花坛等形式。

1.11 雨量径流系数 rainfall runoff coefficient

设定时间内降雨产生的径流总量与总雨量之比。

1.12 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）。

1.13 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。

1.14 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。

1.15 下垫面 underlying surface

降雨受水面的总称，包括屋面、地面、水面等。

1.16 透水铺装率 permeable paving rate

透水铺装面积/硬化地面总面积。

1.17 下沉式绿地率 sunken green rate

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。

1.18 绿色屋顶率 green roofs rate

绿色屋顶面积/建筑屋顶总面积。

2 植物选取与维护

2.1 植物选择的一般性原则

2.1.1 植草沟、下沉式绿地、植被缓冲带的植被选择

- (1) 应选用恢复力较强，并能在薄砂和沉积物堆积的环境中生长的植被；
- (2) 植物应比较坚韧，密度或叶面积要大，能经受周期性的潮湿和短时间淹没浸泡；
- (3) 尽量选择适宜西咸新区当地生长且需肥少的草种。

2.1.2 雨水花园的植被选择

- (1) 种植在雨水花园的植物应是多年生的，尽量选择一些四季性的植物，如灌木、草、蕨类植物等；
- (2) 尽量选择在水中浸泡 48h 仍能存活且耐淹的植物；
- (3) 植物根系须发达、净化能力强；
- (4) 种植区（蓄水区、缓冲区和边缘区配植考虑不同植物的耐水、耐污、耐盐特性）。

2.1.3 嵌草砖的植被选择

- (1) 一般种植低矮、耐践踏的地被植物；
- (2) 需要承受周期性的雨涝及长时间的干旱。

2.1.4 绿色屋顶的植被选择

- (1) 植物根系的长度不能超过种植土层厚度，受到屋顶的承载力和成本的限制，需要选择根系较浅的植物；
- (2) 绿色屋顶位于高处暴露区域，应选择抗风能力强的植物；
- (3) 尽量选择抗旱能力强、不需要经常修剪、抗性强的植物。

2.1.5 雨水湿地、雨水塘

- (1) 雨水湿地及雨水湿塘作为开放式水体，水体中可根据不同的水深种植不同类型的水生植物，构成植物群落，根据景观及净化要求确定植物分布。
- (2) 根据西咸新区当地情况选择一些具有地域特点的当地水生植物，水体各植物带应将几种植物进行合理搭配，避免单一；
- (3) 一般使植物覆盖率（包括湿地中植物）达到 30% 左右，可根据具体水质进行适当调整。

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

2.1.6 生物浮床

- (1) 适宜西咸新区当地的气候、水质条件，成活率高，优先选择本地种；
- (2) 根系发达、根茎繁殖能力强；
- (3) 植物生长快、生物量大；
- (4) 植株优美，具有一定的观赏性；
- (5) 具有一定的经济价值。

2.2 养护、维护一般原则

- (1) 检查有无病虫害；
- (2) 检查植株是否拥挤，一般过 3 至 4 年时间分一次株；
- (3) 清除杂草；
- (4) 夏季高温干旱时及时浇水；
- (5) 秋季时定期收割水生植物并进行有效处理（焚烧或制肥）。

2.3 植物配置一览表

表 2-1 低影响开发雨水设施推荐采用的植物配置

分散式雨水控制利用设施	植物配置名录
植草沟、下沉式绿地	结缕草 (<i>Zoysia japonica</i>)、高羊茅 (<i>Festuca arundinacea</i>) 莎草科 (<i>Cyperaceae</i>)、假俭草 (<i>Eremochloa ophiuroides</i>) 匍匐剪股颖 (<i>Agrostis stolonifera</i>)、狗牙根 (<i>Cynodon dactylon</i>)
植被缓冲带	结缕草 (<i>Zoysia japonica</i>)、凌霄 (<i>Campsis grandiflora</i>) 络石 (<i>Trachelospermum jasminoides</i>)
嵌草砖	结缕草 (<i>Zoysia japonica</i>)、黑麦草 (<i>Lolium perenne</i>)、 麦冬 (<i>Ophiopogon japonicus</i>)
绿色屋顶	八宝景天 (<i>Sedum spectabile</i>)、垂盆草 (<i>Sedum sarmentosum Bunge</i>) 佛甲草 (<i>Sedum lineare Thunb</i>)、紫花地丁 (<i>Viola philippica Car</i>) 爬山虎 (<i>Parthenocissus tricuspidata</i>)

<p>雨水花园</p>	<p>美人蕉 (Canna indica)、大花萱草 (Hemerocallis middendorffii) 景天属 (Sedum)、二月兰(Orychophragmus violaceus) 花叶芦苇(Arundo donax var. versicolorPh.australisvar.iegatus) 茭蔺(Scirpus juncoides RoxbS.juncoides) 蜘蛛兰(Arachnis Hymenocallisamericana) 香姑草(Hydrocotyle vulgaris) 节节草(Commelina diffusa)、砖子苗(Mariscus umbellatus) 石菖蒲(Acorus gramineus)、黄菖蒲(Iris pseudacorus) 络石(Trachelospermum jasminoides)、马莲(Iris lacteal) 匍匐剪股颖(Agrostis stoloniferum)、灯心草(Juncus effusus)</p>
<p>生态树池</p>	<p>水杉(Metasequoia glyptostroboides) 落羽杉 (Taxodium distichum)、垂柳 (Salix babylonica) 棕榈 (Trachycarpus fortunei)、樟树 (Cinnamomum camphora) 加拿大杨 (Populus canadensis)、喜树 (Camptotheca acuminata) 朴树 (Celtissinensis)、女贞 (Ligustrum lucidum) 圆柏 (Juniperus chinensis)、乌桕 (Sapium sebiferum) 二球悬铃木 (Platanus hispanica)、三角枫 (Acer buergerianum) 金钟 (Forsythia viridissima)、李叶绣线菊 (Spiraea prunifolia) 八角金盘 (Fatsia japonica)、雀梅 (Sageretia theezans)、 柿树 (Diospyros)</p>
<p>雨水湿地</p>	<p>深水区：金鱼藻 (Ceratophyllum demersum L.)、 睡莲 (Nymphaea alba)、狐尾藻 (Myriophyllumspicatum)、 凤眼莲 (Eichhornia crassipes)、荇菜(Nymphoides peltatum)、 荷花(Nelumbo nucifera) 浅水区：再力花 (Thalia dealbata)、香蒲(Typha)、 芦苇(Phragmites australis)、水葱(Scirpus tabernaemontani)、 菖蒲(Acorus calamus)、慈姑(Sagittaria sagittifolia)、 鸢尾(Iris tectorum)、芦竹 (Arundo donax)、 水蜡烛 (Dysophylla yatabeana) 植被缓冲区：千屈菜(Lythrum salicaria)、 黄菖蒲(Iris pseudo-corus)、海寿花 (Pontederia cordata)、 柽柳(Tamarix chinensis)、梭鱼草(Pontederia cordata)、 美人蕉 (Canna indica) 泛洪区：参考雨水花园植被选择</p>

雨水塘	<p>雨水湿塘：参考雨水湿地</p> <p>雨水干塘：参考雨水花园、渗滤树池、下沉式绿地</p>
生态浮床	<p>美人蕉 (<i>Canna indica</i>)、千屈菜 (<i>Lythrum salicaria</i>)、 芦苇 (<i>Phragmites australis</i>)、香根草 (<i>Vetiveria zizanioides</i>)、 香蒲 (<i>Typha</i>)、菖蒲 (<i>Acorus calamus</i>)、 石菖蒲 (<i>Acorus gramineus</i>)、睡莲 (<i>Nymphaea alba</i>)、 凤眼莲 (<i>Eichhornia crassipes</i>)</p>

3 低影响开发设施计算

3.1 一般计算

3.1.1 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。

$$V=10H\phi F$$

式中：V——设计调蓄容积，m³；

H——设计降雨量，mm；

ϕ ——综合雨量径流系数，可参照表 3-1 选取，进行加权平均计算；

F——汇水面积，hm²。

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

表 3-1 径流系数

汇水面种类	雨量径流系数	流量径流系数
绿色屋顶（基质厚度≥300mm）	0.30~0.40	0.4
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
大块石凳铺砌路面及广场	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
配级碎石路面及广场	0.40	0.40~0.50
非铺砌土路面	0.30	0.25~0.35
绿地	0.15	0.10~0.20
水面	1.00	1.00
地下建筑覆土绿地（覆土厚度≥500mm）	0.15	0.25
地下建筑覆土绿地（覆土厚度<500mm）	0.30~0.40	0.40
透水铺装地面	0.08~0.45	0.08~0.45
下沉广场（50年及以上一遇）	-	0.85~1.00

3.1.2 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，如下列公式所示。

$$Q=\psi qF$$

式中：Q——雨水设计流量，L/s；

ψ ——流量径流系数，可参见表 3-1；

q ——设计暴雨强度， $L/(s \cdot hm^2)$ ；

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。

3.1.3 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“附录 3.1.1 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 3-2。

表 3-2 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										

3.2 以渗透为主要功能的设施规模计算

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

(1) 渗透设施有效调蓄容积按下列公式进行计算

$$V_s = V - W_p$$

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

V ——渗透设施进水量， m^3 ，参照“附录 3.1.1 容积法”计算；

W_p ——渗透量， m^3 。

(2) 渗透设施渗透量按下列公式进行计算

$$W_p = KJA_s t_s$$

式中： W_p ——渗透量， m^3 ；

K ——土壤（原土）渗透系数， m/s ；

J ——水力坡降，一般可取 $J=1$ ；

A_s ——有效渗透面积， m^2 ；

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

渗透设施的有效渗透面积 A_s 应按下列要求确定：

- 1) 水平渗透面按投影面积计算；
- 2) 竖直渗透面按有效水位高度的 $1/2$ 计算；
- 3) 斜渗透面按有效水位高度的 $1/2$ 所对应的斜面实际面积计算；
- 4) 地下渗透设施的顶面积不计。

3.3 以储存为主要功能的设施规模计算

雨水罐、蓄水池、湿塘、雨水湿地等设施以储存为主要功能时，其储存容积应通过“附录 3.1.1 容积法”及“附录 3.1.3 水量平衡法”计算，并通过技术经济分析综合确定。

3.4 以调节为主要功能的设施规模计算

调节塘、调节池等调节设施，以及以径流峰值调节为目标进行设计的蓄水池、湿塘、雨水湿地等设施的容积应根据雨水管渠系统设计标准、下游雨水管道负荷（设计过流流量）及入流、出流流量过程线，经技术经济分析合理确定，调节设施容积按下列公式进行计算。

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

式中： V ——调节设施容积， 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 。

3.5 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。

3.6 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“附录 3.1.2 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，确定各设计参数。容积法弃流设施的弃流容积应按“附录 3.1.1 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。

4 低影响开发设施建设费用估算

表 4-1 中各单项设施的单价来源于近年来西北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 4-1 低影响开发设施费用估算表

低影响开发设施	单位造价估算
透水铺装	150-400 (元/m ²)
绿色屋顶	200-400 (元/m ²)
狭义下沉式绿地	50-100 (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	600-1000 (元/m ²)
蓄水池	800-1200 (元/m ²)
调节塘	200-400 (元/m ²)
植草沟	30-200 (元/m ²)
人工土壤渗滤	800-1200 (元/m ²)