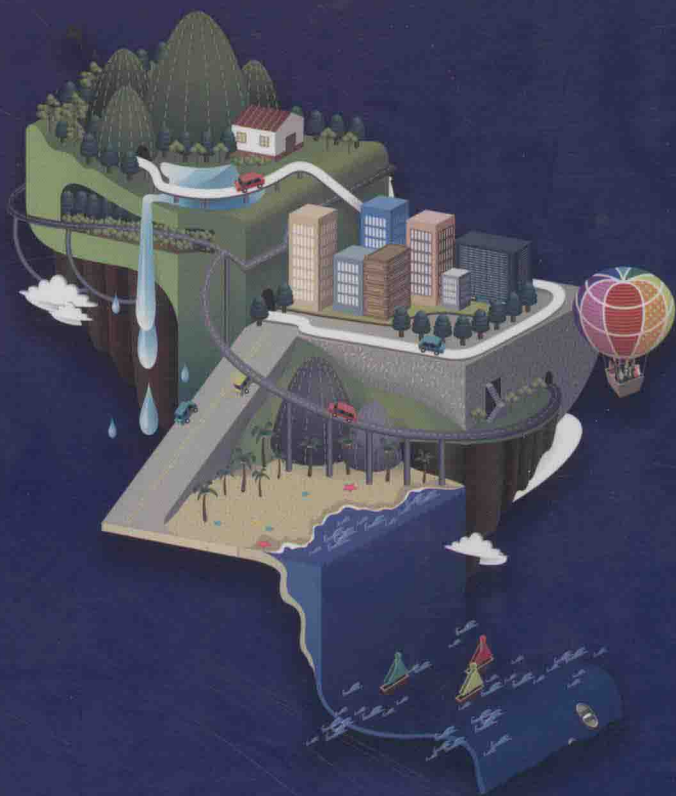


海绵城市

低影响开发设施的施工技术

© 韩志刚 许申来 周影烈 华正阳 编著



科学出版社

海绵城市： 低影响开发设施的施工技术

韩志刚 许申来 周影烈 华正阳 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书着眼于海绵城市建设过程中各个分部分项工程的技术管理重点与难点,结合建筑与小区海绵建设、城市道路海绵建设、绿地与广场海绵建设、水系海绵建设等四大类工程建设过程中施工关键技术与施工管理整套流程,凝练渗滞、储存、调节、转输、截污净化五类设施建造的材料、工艺和工序基本要求,以海绵城市建设基础设施建造全过程管理为抓手,撰写各个建设工程管理的要点,各设施和分部分项工程施工材料、工艺和检查要求,包括低影响开发基础设施的基本工艺流程、工序工法等。本书共分为8章,主要包括:海绵城市施工基础知识、施工进场前的准备工作、低影响开发渗滞设施施工技术、低影响开发储存设施施工技术、低影响开发调节设施施工技术、低影响开发转输设施施工技术、低影响开发截污净化设施施工技术、低影响开发设施植被选用及施工技术。

本书为关于海绵城市相关设施施工技术详细阐述的书籍,可供设计人员、施工技术人员、管理人员使用,还可供高等院校给排水、风景园林、环保等相关专业的学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

海绵城市:低影响开发设施的施工技术/韩志刚等编著. —北京:科学出版社, 2018.9

ISBN 978-7-03-057608-8

I. ①海… II. ①韩… III. ①城市建设—研究 IV. ①TU984

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第119916号

责任编辑:惠 雪 沈 旭/责任校对:彭 涛

责任印制:张克忠/封面设计:许 瑞

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

保定市中华美凯印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年9月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2018年9月第一次印刷 印张:19

字数:381 000

定价:149.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《海绵城市：低影响开发设施的施工技术》

编委会

主 编：韩志刚 许申来 周影烈 华正阳

编 委（按姓氏拼音排序）：

白江涛 陈徐东 贾培义 蒋方宇 李天福
林 聪 卢 路 钱季佳 王宝泉 王明昭
王文菊 王文亮 王永泉 卫 丹 许 航
姚建国 曾爱华 张 琼 张 瑞 张晋平
赵 茜 钟 翔

参编单位：北京壹墨建筑规划设计咨询有限公司

中交公路规划设计院有限公司

迁安市华控环境投资有限责任公司

北京清控人居环境研究院有限公司

河海大学

长江水资源保护科学研究所

中国电子工程设计院

三江学院

序

2013年12月12日,习近平总书记在中央城镇化工作会议上提出“建设自然积存、自然渗透、自然净化的海绵城市”。2015年10月,《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》(国办发〔2015〕75号)明确提出了海绵城市建设的目标、任务和时间表。随着国家海绵试点城市和多个示范点的持续推进,海绵城市建设施工也进入一个如火如荼的过程,该行业规模、从业人员数量也在逐年大幅增长。

迄今为止,国内海绵城市建设已启动将近5年,也是我国海绵城市施工实践的5年,这期间虽然为海绵城市低影响开发设施施工技术积累了不少经验,但海绵城市行业学科综合性强,是集景观、市政、水利、城市建设、地质等多个领域于一体的综合性学科,与实践工作联系密切,对施工技术有着很高的要求。目前,全国范围内海绵城市低影响开发设施的施工技术并没有统一的标准和模式,造成全国各地所采用的技术和方法各不相同,差异较大。部分施工技术没有达到建设海绵城市目标的要求,做不到位,造成海绵城市建设的前功尽弃。《海绵城市:低影响开发设施的施工技术》的出版,对于全国海绵城市的建设无疑是锦上添花。

编者以培养高素质复合型的高级专业施工技术人才为目标,吸取近年来海绵城市低影响开发设施施工中的成功经验,并汇总了他们多年来从事海绵城市建设的实践经历和工作任务,在此基础上编撰了该书。该书详细阐述了海绵城市低影响开发设施的施工技术,弥补了国内这一领域的空白。该书内容丰富,共8章,涉及海绵工程施工的系统性,落实到单项海绵设施,涵盖了海绵城市施工过程中的施工工序、施工材料、施工工法等内容,并且汇总了多地海绵工程的施工经验,是一部系统性的著作。通览全书,我特别提醒读者关注以下几方面:

第一,施工方案的复杂性。海绵城市施工涉及部门多,尤其是对于改造项目,例如改造交通要道,还要考虑车流量多、地下管线复杂的问题。施工方需制定优化的施工方案,编者明确列出了详细的施工方案,从前期踏勘,开工前会议着手。

第二,施工过程的验收。海绵城市施工是一个循序渐进的过程,环环相扣,一个施工工序不合格就会导致竣工验收不合格,前期目标不达标,导致返工窝工。编者明确列出了每个施工工序详细的施工工法及检查清单,每一工序完工后进行施工过程验收,验收合格后再进行下一工序的施工。

第三,可借鉴的实践案例。该书的另一可贵之处是收集了编者亲自主持的实践案例,有通过施工过程中遇到的问题总结出的改进措施,并进行了施工过程及竣

工后的验收，有很强的复制性和推广性。

鉴于此，我愿意为《海绵城市：低影响开发设施的施工技术》作序，并期待该书能在全中国范围内的海绵城市建设热潮中发挥重要的作用！



中国工程院院士

2018年6月30日

前 言

过去 30 年来,中国城镇化对于推动经济社会现代化起到了至关重要的作用,但粗放的城市发展模式,导致城市“水问题”十分突出。针对中国城镇化进程中的水问题,2013 年 12 月,中央城镇化工作会议提出“建设自然积存、自然渗透、自然净化的海绵城市”;2014 年 11 月,住房和城乡建设部(住建部)出台了《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》。海绵城市的提出无疑是中国生态城市建设的重要里程碑。

国内外关于海绵城市建设的同类书籍,大多数着眼于海绵城市的整体规划设计、局点布置设计、涉及海绵城市建设全过程的水系统规划管理等,而针对海绵城市工程建设过程中的各个关键工种、工序技术与管理进行专项论述的著作鲜见。

本书依据低影响开发施工行业对学科的综合性,对人才的知识、能力、素质的高要求,编写过程中以理论知识为基础,施工工序为主脉,关键技术为重点,先进技术为导向,注重实用性、可操作性。具体来讲,本书有以下几方面的价值:

(1) 本书在内容上,将理论与实践结合起来,涵盖了建筑与小区、城市道路、绿地与广场、水系四大类海绵城市建设工程,以及 17 种典型海绵设施的施工技术,同时收录了多个有特色的海绵城市施工技术案例,图文并茂,简明实用,以便施工技术人员掌握和利用。收录的案例从不同海绵设施、不同海绵工程,考虑地形、地貌、气候、土壤以及环境的影响,尤其对北方地区海绵城市的施工具有借鉴作用。

(2) 本书所涵盖的内容涉及所有海绵城市工程和海绵城市设施,内容全面而清晰,做到了内容的广泛性与结构性、系统性相结合,内容翔实易懂,满足了海绵城市施工过程中所有技术相关方面知识的需求。

(3) 本书从海绵城市施工入门所需了解的概念到施工流程、施工过程中关键技术要点及注意事项等,满足不同层次施工人员的需求,帮助他们更快、更好地领会相关技术的要点,更好地完成海绵城市建设任务。

(4) 本书编委会成员专业性广、经验丰富,涵盖园林景观、给排水、岩土、结构等设计及施工人员,避免了海绵城市实际工作中设计施工脱节、设计师与工程师存在鸿沟的问题,也避免了海绵城市单一专业、理解偏颇的问题,是良好的实用技术参考资料和工具书。

本书依托国家第一批试点城市——迁安市海绵城市建设作为研究契机,通过了 2 年的施工现场实践。项目从设立之初,就得到不同领导、多个部门和多个专

家的指点和肯定，项目所取得的每一点进展、每一项成果都与之密不可分，借此机会向给予我们诸多帮助的部门和专家表达最诚挚的感谢。本书在编写过程中参考或引用了部分单位、专家学者的资料，得到了许多业内人士的支持，在此一并表示感谢。由于施工实践受各类条件影响较大、具有很大的差异化，本书采用渐进式、基于实践验证经验总结的方法来编写，若有疏漏及不妥之处，请广大读者批评指正，以便今后修改完善。如蒙赐教，请直接按如下 E-mail 地址联系作者：2541646654@qq.com（韩志刚）。

编 者

2018 年 6 月

目 录

序

前言

第 1 章	海绵城市施工基础知识	1
1.1	海绵城市：从工程到设施	1
1.1.1	海绵城市概述	1
1.1.2	建筑与小区海绵城市工程概述	2
1.1.3	城市道路海绵城市工程概述	5
1.1.4	绿地与广场海绵城市工程概述	11
1.1.5	水系海绵城市工程概述	13
1.1.6	海绵城市低影响开发设施概述	15
1.2	施工图识图	17
1.2.1	制图标准	17
1.2.2	总平面图识读	19
1.2.3	设施详图识读	23
1.2.4	植物配置图识读	26
1.2.5	竖向设计图识读	33
1.2.6	定位放线图识读	33
1.3	海绵城市施工程序	34
1.3.1	施工进场前的准备工作	34
1.3.2	现场施工阶段	34
1.3.3	竣工验收阶段	35
第 2 章	施工进场前的准备工作	37
2.1	设计交底与施工图纸的现场核对	37
2.2	施工测量放线	38
2.2.1	测量放线的原则	38
2.2.2	场地清理	38
2.2.3	场地排水	39
2.2.4	场地放线	39
2.3	施工平面图的布置	41
2.4	材料构配件的采购订货	42

2.5	施工机械的配置	44
2.5.1	土方开挖工程机械配置	44
2.5.2	土方转运工程机械配置	49
2.5.3	土方翻松工程机械配置	50
2.5.4	土方压实工程机械配置	50
2.6	临时设施的搭设	52
第3章	低影响开发渗滞设施施工技术	53
3.1	透水铺装施工技术	53
3.1.1	透水铺装的基础知识	53
3.1.2	透水砖铺装的施工工序	60
3.1.3	透水砖铺装的施工工法	62
3.1.4	透水混凝土铺装的施工工序	66
3.1.5	透水混凝土铺装的施工工法	67
3.1.6	透水沥青铺装的施工工序	72
3.1.7	透水沥青铺装的施工工法	73
3.2	渗透塘施工技术	77
3.2.1	渗透塘的基础知识	77
3.2.2	渗透塘的施工工序	81
3.2.3	渗透塘的施工工法	83
3.2.4	渗透塘的施工案例	86
3.3	渗井施工技术	87
3.3.1	渗井的基础知识	87
3.3.2	渗井的施工工序	89
3.3.3	渗井的施工工法	91
3.4	生物滞留设施、下沉式绿地施工技术	94
3.4.1	生物滞留设施、下沉式绿地的基础知识	94
3.4.2	生物滞留设施、下沉式绿地的施工工序	97
3.4.3	生物滞留设施、下沉式绿地的施工工法	101
3.5	屋顶绿化施工技术	106
3.5.1	屋顶绿化的基础知识	106
3.5.2	屋顶绿化的施工工序	109
3.5.3	屋顶绿化的施工工法	112
3.5.4	屋顶绿化的案例	127
第4章	低影响开发储存设施施工技术	135
4.1	蓄水池施工技术	135

4.1.1	蓄水池的基础知识	135
4.1.2	蓄水池的施工工序	138
4.1.3	钢筋混凝土蓄水池的施工工法	141
4.1.4	模块蓄水池的施工工法	150
4.1.5	硅砂蓄水池的施工工法	151
4.1.6	蓄水池的施工案例	152
4.2	雨水罐施工技术	161
4.2.1	雨水罐的基础知识	161
4.2.2	雨水罐的施工工序	163
4.2.3	雨水罐的施工工法	163
4.3	屋面雨水收集系统施工技术	170
4.3.1	屋面雨水收集系统的基础知识	170
4.3.2	屋面雨水收集系统的施工工序	170
4.3.3	屋面收集区域的施工工法	172
4.3.4	屋面落水管的施工工法	172
4.3.5	初期雨水分流和滤网的施工工法	173
4.4	湿塘施工技术	176
4.4.1	湿塘的基础知识	176
4.4.2	湿塘的施工工序	177
4.4.3	湿塘的施工工法	179
第 5 章	低影响开发调节设施施工技术	185
5.1	调节塘施工技术	185
5.1.1	调节塘的基础知识	185
5.1.2	调节塘的施工工序	186
5.1.3	调节塘的施工工法	188
5.2	调节池施工技术	188
5.2.1	调节池的基础知识	188
5.2.2	调节池的施工技术	189
第 6 章	低影响开发转输设施施工技术	190
6.1	植草沟施工技术	190
6.1.1	植草沟的基础知识	190
6.1.2	植草沟的施工工序	194
6.1.3	植草沟的施工工法	195
6.1.4	植草沟的施工案例	198
6.2	渗透管/渠施工技术	200

6.2.1	渗透管/渠的基础知识	200
6.2.2	渗透管/渠的施工工序	201
6.2.3	渗透管/渠的施工工法	202
6.2.4	渗透管/渠的施工案例	206
第7章	低影响开发截污净化设施施工技术	208
7.1	雨水湿地施工技术	208
7.1.1	雨水湿地的基础知识	208
7.1.2	雨水湿地的施工工序	212
7.1.3	雨水湿地的施工工法	214
7.2	生态驳岸施工技术	219
7.2.1	生态驳岸的基础知识	219
7.2.2	生态驳岸的施工工法	221
7.3	植被缓冲带施工技术	231
7.3.1	植被缓冲带的基础知识	231
7.3.2	植被缓冲带的施工工法	232
7.4	雨水土壤渗滤施工技术	237
7.4.1	雨水土壤渗滤的基础知识	237
7.4.2	雨水土壤渗滤的施工工法	239
第8章	低影响开发设施植被选用及施工技术	244
8.1	植被在低影响开发设施中的重要性	244
8.2	低影响开发设施的植被选择	245
8.3	低影响开发设施常用植被的施工要点	261
8.3.1	乔木、灌木的施工要点	261
8.3.2	草本植物的施工要点	262
8.3.3	湿生植物的施工要点	264
	参考文献	275
	附录 建设工程竣工验收报告	278
	索引	288

第1章 海绵城市施工基础知识

海绵城市建设是一项复杂的系统工程。在海绵城市实际施工过程中，要遵循严格的施工程序，配备合理的施工队伍，熟练识别施工图纸，把复杂的海绵城市工程分解到单个的低影响开发设施，按照先地下后地上的工序原则，进行单个低影响开发设施的施工。

1.1 海绵城市：从工程到设施

1.1.1 海绵城市概述

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。海绵城市的机理是利用土壤作为“吸水海绵”。根据土壤质地类型的不同，可分为黏土、砂质黏土、粉砂质黏土、砂质黏壤土、黏壤土、粉砂质黏壤土、砂质壤土、壤土、粉砂壤土、粉壤土、壤质砂土、砂土，“吸水海绵”适宜选用径流系数低、渗透性高的土壤。

阿肯色州立大学社区设计中心等机构通过相关研究表明^[1]：一个集水区内当不透水面积达到10%时，生态系统就呈现退化迹象，当其覆盖达到30%时，就伴随着严重的、不可逆转的退化。海绵城市正是在总结发达国家过去几十年的雨水管理经验和实践研究的基础上，结合我国的经济状况、土地利用状况以及气候条件而提出的（图1-1）。国内最早提出的生态海绵城市旨在用于解决缺水地区的雨水资源化利用，通过城市绿地、蓄水池等设计，像海绵一样将雨水短暂储存，需要时再利用或缓慢下渗，实现雨水的“可持续利用”和“零排放”^[2]。

“海绵城市”“低影响开发”“可持续雨洪管理”在本质上是相同的，强调城市绿地系统、水系统与城市建设用地在规划设计阶段进行综合考虑，以达到控制暴雨径流，减轻城市雨水管网压力，解决城市内涝；通过植物和土壤对于雨水进行净化，控制雨水造成的污染；有效利用雨水、污水，建设智能绿色节水城市；提高生物多样性和场地的视觉审美；创造亲密的“人-水”关系，增加滨水娱乐设施及开放空间^[1]。

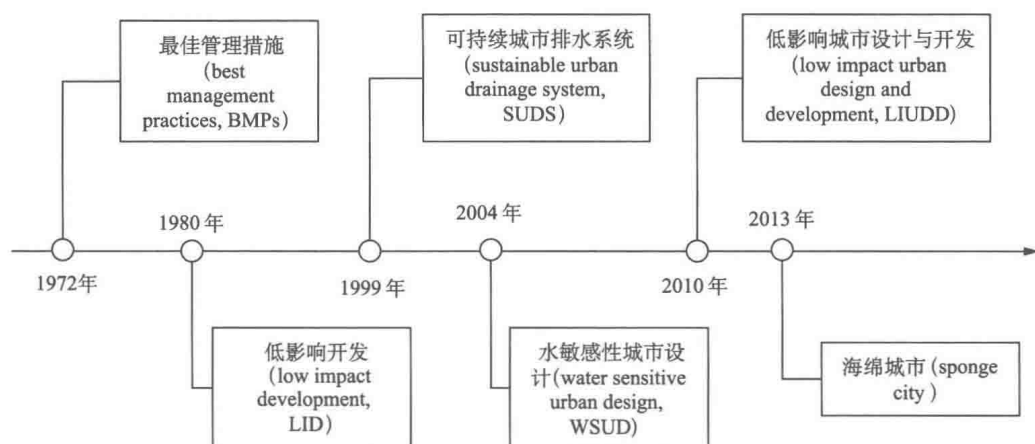


图 1-1 海绵城市发展历程

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、超标雨水径流排放系统及水污染控制系统。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；水污染控制系统通过植被、土壤等自然系统用来削减污染物、控制径流污染，维持城市良好的生态循环。以上四个系统并不是孤立的，也没有严格的界限，四者相互补充、相互依存，是海绵城市建设的重要基础元素。

根据责任主体及规划布局特点，将海绵城市工程分为建筑与小区海绵城市工程、城市道路海绵城市工程、绿地与广场海绵城市工程和水系海绵城市工程四大类（图 1-2）。

1.1.2 建筑与小区海绵城市工程概述

建筑与小区路面径流雨水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海绵设施。因空间限制等原因不能满足控制目标的建筑小区，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海绵设施。具体雨水组织流程：屋面雨水的滞蓄、净化与利用→铺装路面雨水渗透、疏导→雨水转输系统→雨水滞蓄设施→雨水溢流系统→雨水调蓄设施→溢流雨水接入市政雨水管网。图 1-3 是迁安市某中学海绵城市雨水组织流程图。

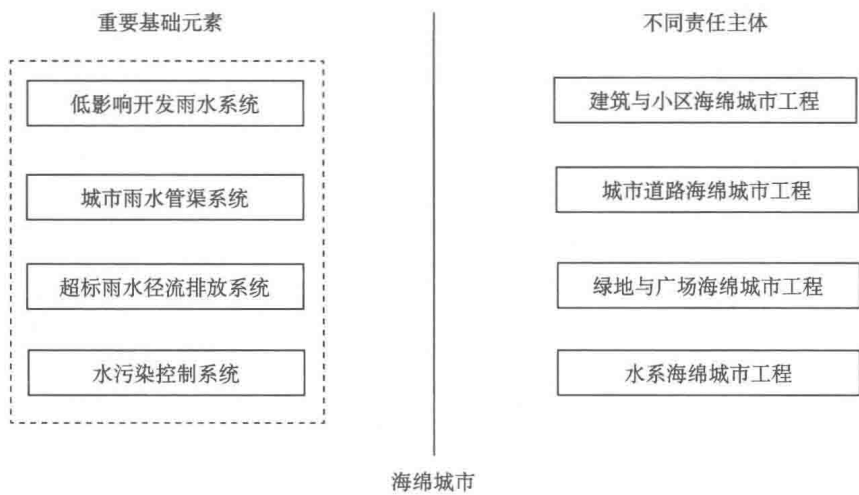


图 1-2 海绵城市工程类别分解图

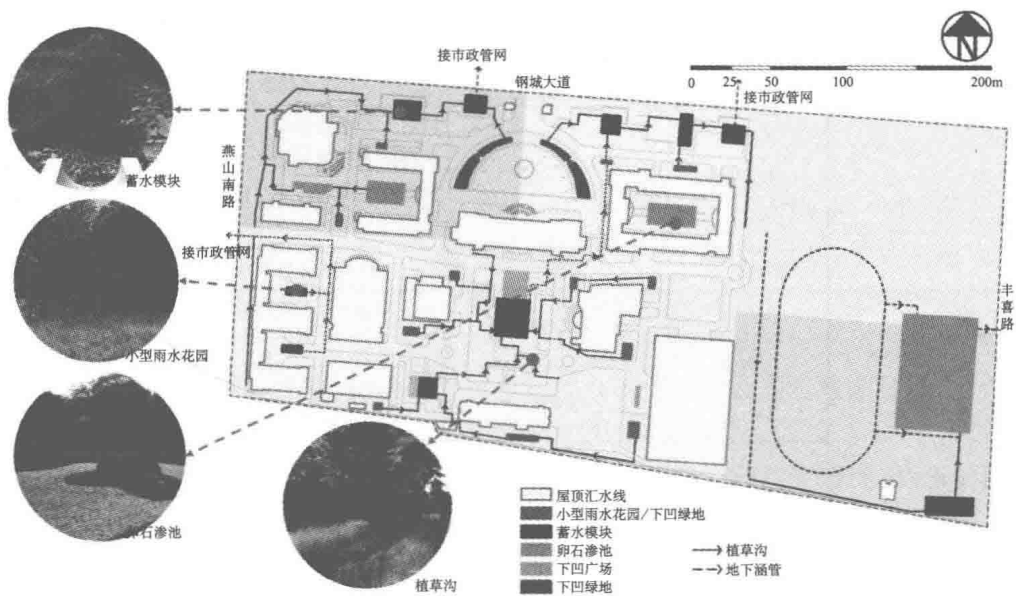


图 1-3 迁安市某中学海绵城市雨水组织流程图

建筑与小区海绵城市工程分部、分项工程构成如表 1-1 所示。

表 1-1 建筑与小区工程单位工程、分部工程、分项工程划分表

单位（子单位）工程	分部工程	子分部工程	分项工程
屋顶工程	屋顶绿化	—	找坡层、绝热层、保护层、排蓄水层、防水层、挡墙

续表

单位（子单位）工程	分部工程	子分部工程	分项工程
屋顶工程	雨落管断接与散水	——	断接、消能截污、散水、防水
道路、铺装工程	路基	——	土方路基、石方路基、路基处理、路肩
	基层	——	石灰土基层、石灰粉煤灰稳定砂砾（碎石）基层、石灰粉煤灰钢渣基层、水泥稳定土类基层、级配砂砾（砾石）基层、级配碎石（碎砾石）基层、沥青碎石基层、透水级配碎石、透水混凝土、透水水泥稳定碎石
	面层	沥青混合料面层	透层、粘层、封层、热拌沥青混合料面层、冷拌沥青混合料面层
		水泥混凝土面层	水泥混凝土面层（模板、钢筋、混凝土），透水混凝土面层
		铺砌式面层	料石面层、预制混凝土砌块面层
	广场与停车场	——	料石面层、预制混凝土砌块面层、沥青混合料面层、水泥混凝土面层、透水砖面层、植草砖面层、透水混凝土面层
	人行道	——	料石人行道铺砌面层（含盲道砖）、混凝土预制块铺砌人行道面层（含盲道砖）、沥青混合料铺筑面层、透水砖（含盲道砖）、过路盖板涵、透水混凝土面层
	管道安装	——	雨水支管与雨水口、排（截）水沟
绿化工程	隔离带	植草沟	坡度、溢流井、挡流堰、调蓄空间、消能截污设施、防渗
		生物滞留带	基层、坡度、溢流井、调蓄空间、消能截污设施、渗排管、防渗
	绿化带	植草沟	坡度、溢流井、挡流堰、调蓄空间、消能截污设施、防渗
		下沉式绿地	基层、溢流井、调蓄空间、消能截污设施、渗排管、防渗
		雨水花园	基层、坡度、溢流井、调蓄空间、消能截污设施、渗排管、防渗

根据对建筑与小区分部工程、分项工程的分析，建筑与小区工程可分为屋顶工程、道路铺装工程和绿化工程。具体到海绵设施主要包括渗透技术（透水铺装），蓄滞设施（屋顶绿化、下沉式绿地、生物滞留设施），储存设施（雨水罐），转输设施（植草沟、渗管/渠），净化设施（初期雨水弃流设施）等。

建筑与小区海绵城市工程施工要点包括:

(1) 建筑与小区海绵工程严格按照规划总图、施工图进行施工建设,以达到海绵控制目标与指标要求。

(2) 建筑与小区海绵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。

(3) 建筑与小区施工应结合实际情况,明确建筑与小区各类海绵设施的施工程序,制定相应的施工保护措施,主要包括对地形起伏较大的建筑与小区的水土流失、植物保护、建筑物地基下陷等问题。

(4) 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。

(5) 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。

(6) 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。

1.1.3 城市道路海绵城市工程概述

海绵道路是指模拟自然水文循环过程,应用不同海绵技术措施,结合景观设计,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。在满足道路基本功能的前提下,城市道路低影响开发系统需能够有效缓解道路径流、减少径流总量及峰值流量,改善城市道路及周边生态环境。

城市道路低影响开发系统雨水组织流程如图 1-4 所示。

路面排水采用生态排水的方式,也可利用道路及周边公共用地地下空间设计调蓄设施。路面雨水宜首先汇入道路红线内绿地,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 LID 设施进行消纳。当红线内绿地空间充足时,也可利用红线内 LID 设施消纳红线外空间的径流雨水。LID 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^[3]。

道路横断面设计应优化道路横坡坡向、路面与道路绿带及周边绿地的竖向关系等,便于径流雨水汇入 LID 设施。人行道应采用透水铺装,非机动车道可采用透水沥青路面或透水水泥混凝土路面。

城市道路海绵城市工程分部、分项工程构成如表 1-2 所示。