



SPONGE CITY OVERVIEW

海绵城市概要

崔长起 金 鹏 任 放 杨天民 编著

中国建筑工业出版社

海绵城市概要

崔长起 金 鹏 任 放 杨天民 编著



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

海绵城市概要/崔长起等编著. —北京: 中国建筑业出版社, 2018. 12

ISBN 978-7-112-22457-9

I. ①海… II. ①崔… III. ①城市-防洪工程-研究
IV. ①TU998. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 160338 号

责任编辑: 刘爱灵

责任校对: 芦欣甜

海绵城市概要

崔长起 金 鹏 任 放 杨天民 编著

*

中国建筑业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

大厂回族自治县正兴印务有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 8 字数: 200 千字

2018 年 9 月第一版 2018 年 9 月第一次印刷

定价: 30.00 元

ISBN 978-7-112-22457-9

(32293)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

崔长起

1965年毕业于哈尔滨建筑工程学院给水排水专业，一直从事给水排水专业的工程设计和管理工作，任职于中国建筑东北设计研究院有限公司，教授级高级工程师、常务副总工程师、资深顾问总工程师。

金 鹏

1984年毕业于天津大学给水排水专业，一直从事给水排水专业的工程设计和管理工作，任职于中国建筑东北设计研究院有限公司，教授级高级工程师、常务副总工程师、技术质量部总经理。

任 放

1998年毕业于哈尔滨建筑大学给水排水专业，一直从事给水排水专业的工程设计和管理工作，任职于中国建筑东北设计研究院有限公司，高级工程师。

杨天民

2012年毕业于湖南大学给水排水专业，一直从事给水排水专业的工程设计和管理工作，任职于中国建筑东北设计研究院有限公司。

前 言

2017年3月5日中华人民共和国第十二届全国人民代表大会第五次会议的政府工作报告中宣布“继续推进海绵城市建设。”海绵城市建设上升到国家层面战略性推进。之前几年来,国务院、住房和城乡建设部屡屡发文推动和指导我国海绵城市建设,掀起海绵城市建设热潮。2015年4月、2016年6月住房和城乡建设部、水利部、财政部审核批准两批次30个城市进行海绵城市建设试点。通过海绵城市建设试点,工程界、学术界和社会各界理解和认识到以“源头减排——雨水收排——排涝除险——超标应急”的“海绵”机理,并与城市防洪做好衔接,破解“城市看海”难题,能起到海绵城市应对雨洪径流减量、削减峰值、黑臭水体治理、防涝减灾和防洪保护城市安全的目标。

海绵城市的内涵应是城市“海绵体”的因子组合,做到下雨时吸水,干旱时释水的技术措施的共同认知为:低影响开发基础设施、城市排水管渠系统、超标雨水径流排放系统和城市水利防洪保护系统相互协作完成雨洪管理。本书依此,展开对海绵建设的组合因子架构的技术关键节点和系统基础理论与实践进行归纳分析和探讨,概要阐释“海绵城市”。

我国的海绵城市建设,在很大程度上借鉴了国外一些现代雨洪管理经验。如美国低影响开发(LID),英国的可持续排水系统(SUDS),澳大利亚的水敏感城市设计(WSUD)等。但这些国家的雨洪管理经验都是在依托大管渠排水系统的前提下,强调源头设置分散式生态系统对雨水的吸纳减量,调蓄延时排放,削减径流污染物等控制雨水径流措施。这些措施技术简洁、成本低下又能取得良好的景观效果。在介绍国外先进雨洪管理技术方面,较多谈及现代城市生态基础设施雨洪管理模式体系,应用于城市景观和基础设施的海绵城市规划和建设中,造成人们对海绵城市内涵的模糊认知,误认低影响开发设计和建设就是海绵城市建设,忽略城市管渠排水系统不可替代的思维方式。生态基础设施管控雨洪的贡献率是很有限的,所以“海绵城市”的研究方向应更多侧重城市能以什么样的“海绵”技术措施,安全地接纳暴雨的袭击、安全地把降临的洪量渲泄的理论基础和实施方案,更有效地管控雨洪危害。

国家屡发文件推动海绵城市建设,城市开发建设应以生态保护、尊重自然、顺应自然、“在提升城市排水系统时首先考虑把雨水留下来,优先考虑更多利用自然力量排水,建设自然积存、自然渗透、自然净化的海绵城市。”所以海绵城市建设中的雨洪调蓄尽量利用城市区域和周边的水系;尽量利用城市下垫面绿地地下渗雨水补充地下水资源;尽量利用植被和水系的自净能力净化径流雨水;尽量利用城市地形标高差,因势利导,重力流排水等;尽量减少人工修建的资金投入。

当前,海绵城市建设的试点和实践取得一些可喜成果,但由于发展历程较短,经验积累有限也凸显出理论基础还很薄弱,还没有形成独立的学科门类,对其内涵的释义存在较多歧义,工程设计方法尚未统一,技术路线的标准尚未完善衔接等。笔者试图通过对现有的参考文献的收集整理,再加上自己多年来在给水排水工程规划设计和技术管理所积累的

经验，粗略地梳理出海绵城市相关的理论和技术，供从事研究和实践的专家学者参考。

本书内容是汇集大量文献资料的研究成果，对此，笔者衷心感谢被采用的文献资料的作者及参加资料收集整理工作的李雨玲高级建筑师，没有他们的辛勤工作，本书的完成几乎是不可能的。

由于海绵城市建设方兴未艾，本书一定存在有待商榷之处，恳请各位读者对本书提出宝贵意见。

作者

2018年3月

目 录

第一篇 海绵城市综述

1 海绵城市渊源	1
1.1 海绵城市的起源	1
1.2 国内海绵城市探索	2
1.2.1 我国雨洪管理研究者的贡献	2
1.2.2 深圳实践低冲击开发理念	2
1.2.3 创建国家低冲击开发示范区	3
1.3 国外现代城市雨洪管理发展的概况	3
1.3.1 国外现代雨洪管理发展过程	3
1.3.2 美国最佳管理措施 (BMPS)	4
1.3.3 英国可持续城市排水系统 (SUDS)	4
1.3.4 澳大利亚水敏感城市设计 (WSUD)	5
1.3.5 德国洼地——渗渠系统 (MR)	6
1.3.6 低影响开发 (LID)	7
2 我国海绵城市建设	8
2.1 海绵城市建设背景	8
2.1.1 快速城市化建设带来雨洪管理问题	8
2.1.2 洪涝灾害发生实况	8
2.1.3 海绵城市提出	9
2.2 国家层面战略要求	10
2.2.1 国家文件	10
2.2.2 海绵城市建设指南	11
2.2.3 海绵城市建设试点	11
2.3 海绵城市建设目标	13
2.4 海绵城市建设雨洪控制系统构架	13
2.4.1 低影响开发雨水系统	14
2.4.2 城市雨水管渠排水系统	14
2.4.3 超标雨水内涝防治系统	14
2.4.4 城市防洪保护系统	14
2.5 海绵城市建设标准与标准整合	14
2.5.1 海绵城市建设标准	14
2.5.2 海绵城市建设标准整合和各系统衔接	15

2.5.3 现行各系统设计存在问题	16
3 海绵城市建设核心设计参数	17
3.1 暴雨强度公式	17
3.2 径流系数	20
3.3 调蓄设施	22
4 海绵城市建设污染控制	25
4.1 海绵城市源头减排绿色雨水基础设施三元素	25
4.1.1 保护城市原生态系统	25
4.1.2 低影响开发	26
4.1.3 生态恢复和修复	26
4.2 雨水径流污染	30
4.2.1 地表径流污染物	30
4.2.2 降雨径流污染特征	30
4.2.3 降雨径流实测污染物	31
4.3 雨水径流面污染去除	33
4.3.1 水体的自净化系统	33
4.3.2 水体自净化能力	36
4.3.3 水生植物净化系统	38
4.4 黑臭水体治理技术	39
4.4.1 城市黑臭水体的形成机理	39
4.4.2 整治技术选择	41
5 海绵城市水文水力数学模型模拟及雨水利用	44
5.1 数学模型	44
5.1.1 水文模型	44
5.1.2 水力模型	46
5.1.3 SWMM应用	47
5.1.4 水力模型内涝风险评估案例	47
5.2 雨水利用	50
5.2.1 雨水利用的意义	50
5.2.2 雨水利用案例	51
5.2.3 雨水水质处理工艺	51
5.2.4 家庭雨水利用	52
5.3 低影响开发与绿色建筑的关系	54
6 海绵城市建设规划	56
6.1 规划编制基础资料	56
6.1.1 基础资料	56
6.1.2 辅助性资料	57
6.2 规划背景	57
6.3 城市排水、防涝、防洪现状及问题分析	58

6.4 规划总论 58

6.5 系统方案 58

6.6 规划目标 59

6.7 规划标准 59

6.7.1 低影响开发雨水系统 59

6.7.2 城市雨水管渠排水系统 59

6.7.3 超标雨水内涝防治系统 59

6.7.4 城市防洪保护系统 59

6.8 城市雨水径流控制和资源化利用 60

6.8.1 径流量控制 60

6.8.2 径流污染控制 60

6.8.3 雨水资源化利用 60

6.9 各系统规划 60

6.9.1 低影响开发雨水系统 60

6.9.2 城市雨水管渠排水系统 60

6.9.3 超标雨水内涝防治系统 61

6.9.4 城市防洪保护系统 61

6.10 近期建设规划项目 61

6.11 管理规划 62

6.11.1 加快设施建设 62

6.11.2 强化日常管理 62

6.12 保障措施 62

6.12.1 建设用地 62

6.12.2 资金筹措 62

6.12.3 提出有针对性具体措施 62

6.13 规划图纸 62

第二篇 海绵城市建设工程性和非工程性措施

7 低影响开发雨水系统构建 65

7.1 低影响开发理念 65

7.2 低影响开发雨水系统的设计标准 65

7.3 年径流总量控制率与设计降雨量之间的关系 67

7.4 低影响开发雨水系统构建措施（也称为低影响开发绿色雨水基础设施） 68

7.5 低影响开发绿色雨水基础设施选择 69

7.5.1 技术类型 69

7.5.2 单项设施 69

7.5.3 设施功能比较 82

7.6 设施规模设计计算 84

7.6.1 计算原则 84

7.6.2	计算方法	84
8	城市雨水管渠排水系统	87
8.1	城市排水管渠系统的组成	87
8.1.1	城市排水管渠系统分类	87
8.1.2	雨水排水管渠系统附属构筑物	87
8.2	城市排水管渠定线布置	88
8.3	截流井	88
8.4	调节池	90
8.4.1	调节池类型	90
8.4.2	调节池容积计算	91
8.5	城市雨水管渠排水系统规划设计标准	91
8.6	城市雨水管渠排水系统的规划设计雨流量	92
8.6.1	推理公式	92
8.6.2	暴雨强度公式	92
8.7	雨污水合流制排水管渠规划设计流量	93
9	超标雨水内涝防治系统	94
9.1	超标雨水内涝防治系统架构	94
9.2	超标雨水内涝防治系统的设计标准	95
9.3	超标雨水内涝防治工程性措施	95
9.3.1	城市雨水排水防涝现状及问题分析	96
9.3.2	城市现状排水防涝系统能力评估	96
9.3.3	城市防涝规划设计	96
9.4	雨水量	97
10	城市防洪保护系统	100
10.1	城市防洪工程	100
10.1.1	城市防洪工程措施	100
10.1.2	防洪非工程措施	100
10.2	城市防洪标准	101
10.3	城市防洪工程规划设计基础资料	101
10.4	城市防洪工程措施	102
10.4.1	城市堤防工程技术要点	102
10.4.2	城市河道整治技术要点	102
10.4.3	城市排洪渠布置技术要点	102
10.4.4	泥石流防治技术要点	103
10.4.5	防洪闸技术要点	103
10.4.6	山洪防治技术要点	103
10.5	防洪工程非工程措施	103
10.6	由暴雨资料推求设计洪水	104
10.6.1	设计洪水	104

10.6.2	由暴雨资料推求设计洪水	104
10.6.3	洪峰流量计算公式	105
10.7	设计潮水位	106
11	城市雨洪管理非工程性措施	108
11.1	管理体制	108
11.2	制定管理法律法规和宣传教育	108
11.3	防灾应急和预警	108
11.4	强化项目运行管理和监测	108
11.5	完善海绵城市建设措施的档案管理	108
12	建立“海绵城市学科”的探讨	110
	参考文献	115

第一篇 海绵城市综述

1 海绵城市渊源

1.1 海绵城市的起源

降水和蒸发蒸腾属自然循环状态，人类活动的本能就是想把降下的雨水挡住，不侵害人类本体，又要把降下的雨水存储一些，供人类生命活动的需要，这就是“排水、用水”最简单的一个朴素命题。人类充分发挥自己的智慧和已有的活动工具，破解这个命题（图 1-1）。而最原始的方法：在头顶上搭个草房挡住雨水，排走雨水；在草房的外面挖个窖储水，用时取水，这就是治水。

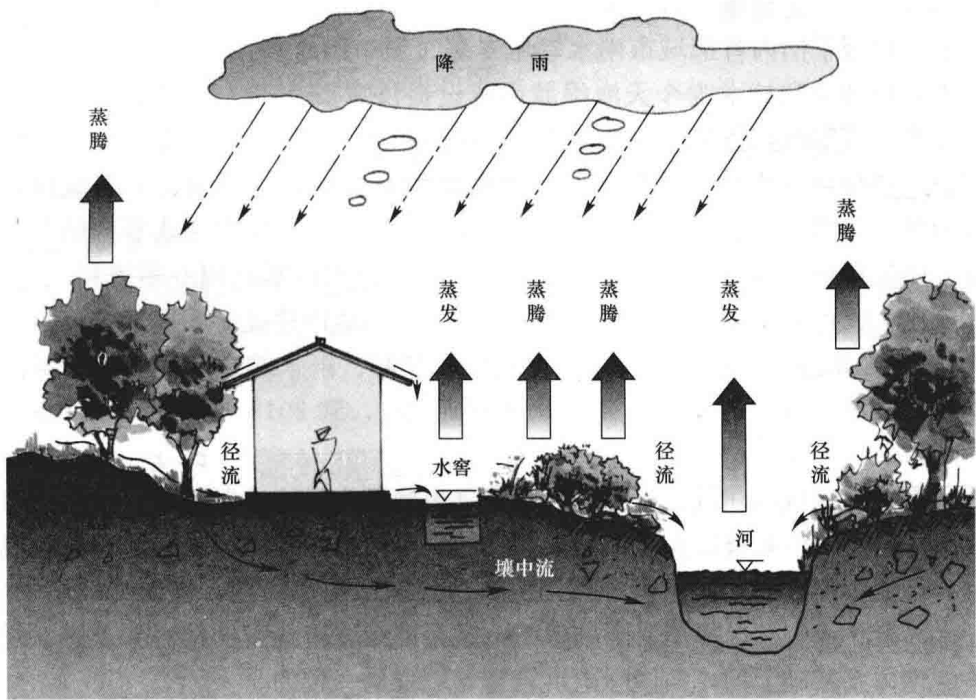


图 1-1 人与水循环和谐相处

古往今来，人们不断用智慧治水，不乏许多成功范例，如：大禹治水，都江堰分水，苏东坡杭州西湖蓄水；中华人民共和国建立后的根治淮河、海河，水库调蓄雨峰洪水，又将水库留存水供人们生活、灌溉使用，游船行驶供人们游乐观赏岸边美景……

今天的海绵城市建设，通过建立绿色雨水基础设施，采用工程和非工程措施，以

“渗、蓄、滞、净、用、排”等关键技术，达到实现城市降雨的雨洪管控、水质净化、地下水涵养、保护和恢复原生态、保护生物栖息地、缓解城市“热岛效应”的气候调节、提高城市水安全、复兴城市水文化等综合目标，构建人与自然和谐相处的友好水环境。

1.2 国内海绵城市探索

1.2.1 我国雨洪管理研究者的贡献

我国雨洪管理研究者吸取国外“城市现代雨洪管理”的理念，依据我国城镇化迅速发展需要和我国雨洪管理的技术层面与管理层面存在的不足，开展了我国城市现代雨洪管理研究，解决城市雨水问题及由此带来的城市生态、安全等综合性问题。

北京建筑大学研究团队从 1998 年开始，以我国北方城市水资源缺乏问题为导向，对城市雨水资源利用、城市径流污染、各种技术设施等方面研究，并与北京市节约用水办公室密切合作，重点探索以北京城区雨水资源化利用为主的工程项目应用，深入的研究在城市雨水相关领域全面开展，即城市径流污染输送规律及控制技术和策略，城市雨洪管理政策机制，雨水设施水量和水质控制机理，绿色建筑雨水系统等。2008 年，潘国庆等人在国内首次提出了设计降雨量和年径流总量控制率的概念及其统计分析方法，并给出全国 32 个城市的具体数值，这也是目前海绵城市建设体系的核心指标之一。同时在系统总结前期研究基础上，出版了国内首部城市雨水领域专著《城市雨水利用技术与管理》，其中提出的很多雨洪管理理论和技术为今天海绵城市建设提供重要支撑。城市雨水系统研究愈深入，其多专业、多部门合作的特性愈发凸显。在前期理论研究和实践基础上，团队重点开展了顶层设计和跨专业方法体系的研究，着重雨水系统与城市规划、生态城市、绿色建筑、景观园林、道路、绿地等系统衔接的方法体系研究。针对城市雨水管理的复杂性和系统性特征，团队提出“城市雨洪控制利用模式”与“雨水控制利用专项规划”，并在一些城市具体应用，这可视为今天城市排水防涝规划和海绵城市建设专项规划的前期探索。

他们从 1998 年研究雨水直接利用、径流污染控制、雨水综合利用、城市雨洪控制与利用（渗、滞、蓄、净、用、排），绿色雨水基础设施，到 2015 年海绵城市确立，用了近 20 年时间。

团队认为，海绵城市建设就是要建设和完善包括源头径流控制系统、城市雨水管渠系统、超标雨水内涝防治系统以及城市防洪系统的城市雨水系统，解决径流总量控制、径流峰值控制、径流污染控制和雨水资源利用等一系列城市雨水问题，进而为城市“水生态、水安全、水环境、水资源”提出必要的保障，这是海绵城市建设的核心和关键，是建立在现代雨洪管理体系基础上的，与国际雨洪管理领域也是一致的。

1.2.2 深圳实践低冲击开发理念

早在 2004 年，深圳市就引入低冲击开发理念，积极探索在城市发展转型和南方独特气候条件下的规划建设新模式。10 年来，通过创建低冲击开发示范区、出台相关标准规范和政策法规，以及加强低冲击开发基础研究和国际交流，低冲击开发模式在深圳市的应用初见成效。

1. 开展相关技术交流与研究

2004 年深圳市举办了第四届“流域管理与城市供水国际学术研讨会”，深圳市水务局与美国土木工程师协会和美国联邦环保局签署包括流域管理、面污染控制和低冲击开发的技术交流与合作协议框架。深圳市光明新区低冲击开发示范区域为国家水体污染控制与治理科技重大专项“低影响开发城市雨水系统研究与示范”项目的基础研究与示范基地。通过课题研究国际交流与自身实践相结合，促进城市雨水系统建设理念从快排为主到“渗、滞、蓄、净、用、排”相结合的转变，为探索“自身可持续、成本可接收、形式可复制”的低冲击开发模式奠定基础。

2. 编制完善地方相关导则规范

在国家标准《建筑与小区雨水利用工程技术规范》GB 50400—2006 的基础上，深圳编制了一系列关于低冲击开发的地方技术规范。包括①《雨水利用工程技术规范》，适用于深圳市的建筑与小区、市政道路、工商业区、城中村、城市绿地等雨水利用工程的规划、设计、管理与维护，规定了雨水利用工程的系统组成、设施种类以及设计准则，比较详细地给出了径流污染控制、雨水入渗和雨水收集利用的设计方法，并以附录形式给出径流污染控制设施示意图；②《深圳市再生水、雨水利用水质规范》，规定了深圳市再生水，雨水利用的水源要求、利用水水质标准以及水质监测方法；③《深圳市低冲击开发技术基础规范》（在编），适用于深圳市低冲击开发及雨水综合利用工程的规划、设计、施工、管理和维护，规范要求低冲击开发设施应与项目主体工程同时设计、同时施工、同时使用。

1.2.3 创建国家低冲击开发示范区

针对我国低冲击开发建设模式缺乏规模化应用和实证的现实困境，2009 年起，深圳市政府与住房和城乡建设部开始推动深圳市光明新区低冲击开发示范区的创建工作，编制完成《光明新区低冲击开发雨水综合利用示范区整体工作方案》。2011 年 9 月，住房和城乡建设部将光明新区列为全国低冲击开发雨水综合利用示范区。示范区的具体创建工作从 2010 年开始，通过典型示范项目建设和追踪后评价，逐步完善相关管理条例和技术手册，到 2020 年全面建成低碳示范区。

1.3 国外现代城市雨洪管理发展的概况

1.3.1 国外现代雨洪管理发展过程

现有文献资料中，多有介绍国外现代城市雨洪管理概况和综述，涉及现代雨洪管理发展过程。

从大量文献资料可知，世界各国的雨洪管理中，雨水管理经历了明渠管道收集排放量控制、水质控制、生态水环境的保护等过程。城市建设的早期几乎都是将生活污水、工业废水和雨水混合在同一管渠系统，将混合的污水不经处理直接就近排入水体。该系统称为合流制排水系统。由于合流制排水系统将未经处理就排放，使受纳水体遭到严重污染，为了消除水体污染，将污水分离出来引进污水处理设施处理后排放，雨水也单独被排放到水体，这种排水体制称为分流制排水。人们注意到雨污分流制管理系统会导致下游河道洪

水及河道冲刷。

20 世纪 50 年代末，美国城市雨水的管理理念还是“排放”，20 世纪 70 年代开始意识到“以排为主”的方式不足以解决城市雨水造成的水体污染、城市洪涝等一系列问题，为了更好地保护水环境，又开始考虑用场地滞留调节雨水的理念来解决雨水排放问题，随着人们对水环境质量的要求提高，不仅对点源污染源进行处理，也开始重视雨水带来的面源污染，将污染严重的初期降雨雨水截流引进污水处理厂处理排放。雨水控制也由水量控制进入水质控制时期，形成工程性和非工程性综合控制管理雨洪的新理念。在雨洪管控发展过程中，各国也出现了一些富有典型意义的管控模式，如：20 世纪 70 年代美国颁布第一个关于雨洪滞留的法案。开始运用调节、滞留等最佳管理措施（BMPS）；20 世纪 90 年代美国各州意识到雨水源头管理的价值远大于后期治理，又将雨水管理理念和技术由（BMPS）逐渐向低影响开发（LID）源头控制转变。这期间还出现英国可持续排水系统（SUDS）；澳大利亚的水敏感城市设计（WSUD）；德国洼地-渗渠系统（MR）新西兰的低影响开发城市设计（LID）；德国则构建起较为完备的法规体系，其导向表现为优化生态环境，维护生态平衡。

2012 年 4 月，在“2012 低碳城市与区域发展科技论坛”中，我国首次提出“海绵城市”概念；《住房和城乡建设部城建司 2014 年工作要点》提出更新的“建设海绵型城市”；2014 年 10 月发布《海绵城市建设技术指南—低影响开发雨水系统构建（试行）》，指出海绵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。

1.3.2 美国最佳管理措施（BMPS）

最佳管理措施（BMPS）是美国 20 世纪 70 年代提出的雨水管理技术体系。它针对暴雨径流控制、土地侵蚀控制、非点源污染控制等雨水综合管理决策体系，也更为强调与自然条件（植物、水体）结合的生态设计和非工程性的管理办法。

BMPS 体系包括工程性措施和非工程性措施两个部分。工程性措施是对污染物扩散途径和过程控制以及终端治理，主要包括滞留池、渗透设施、雨水塘、雨水湿地、生物滞留设施以及过滤设施等源头控制和处理；非工程性管理措施则指各种源头控制或污染预防的行政法规和管理措施，如：土地使用规划，城市环境管理、街道清扫、垃圾管理等，它可以有效控制污染物并且减少工程性措施的需要。但 BMPS 需要大块的土地和比较高的费用，因而应用范围受到限制。

1.3.3 英国可持续城市排水系统（SUDS）

可持续城市排水系统模式（SUDS）是英国为解决传统排水体制产生的多发洪涝、水体污染和环境破坏问题，将长期的环境和社会因素纳入城市排水体制及排水系统中，综合考虑径流水质和水量、城市污水和再生水、社区活力和发展需求、为野生生物提供栖息地、景观潜力和生态价值等因素，从维持良性水循环的高度对城市排水系统和区域水系进行可持续设计和优化，通过综合措施来改善城市整体水环境的模式。SUDS 由四个等级组成管理体系：管理与预防措施、源头控制、场地控制以及区域控制。其中管理与预防措施和源头控制处于最高等级，也就是规划设计中，尽量首先通过管理和预防措施在社区管理

和小范围内（家庭）进行雨水的截流处理，预防径流的产生和污染物排放；其次是对径流和污染物进行源头控制；最后是较大的下游场地控制和区域控制（图 1-2），对来自不同源头、不同场地的径流统一管理。SUDS 强调从径流产生到最终排放的整个链带上对径流分级削减、控制，而不是通过管理链的全部阶段来处置所有的径流。SUDS 也分为工程性措施和非工程性措施。工程性措施根据雨水过程分为源头控制、场地控制、区域控制三个等级，具体技术措施为：①过滤带或过滤沼泽；②可透水地面；③渗透系统；④滞留盆地和池塘。它们都本着对雨水进行就地处理的原则，用沉淀、过滤、吸附和生物降解等自然过程，对地表水提供不同程度的处理。非工程性措施为：最佳管理实践主要是管理和预防措施，它包括减小铺装面积、清扫道路和教育等。

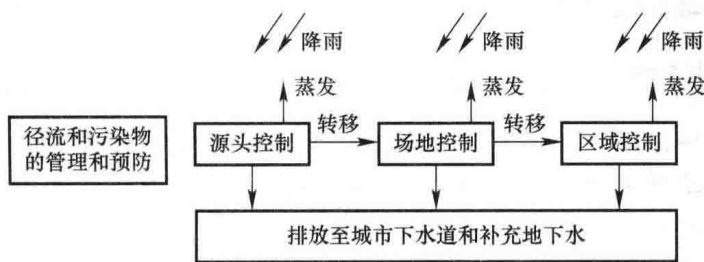


图 1-2 SUDS 雨水径流管理链

1.3.4 澳大利亚水敏感城市设计（WSUD）

水敏感城市设计（WSUD）是澳大利亚从 20 世纪 90 年代以来，针对传统城市排水系统所存在的问题发展起来的一种雨水管理模式和方法。强调城市设计应减少城市化带来巨大影响。城市雨洪管理计划的制定、决策和实施管理，需要由水文和水利工程、环境工程、水文生态和水资源管理，城市规划、景观设计的多学科以及包括政府、开发商和市民的利益主体共同完成。

水敏感城市设计的基本原则，是对饮用水、废水和雨水进行综合考虑，保护现有的自然特征和生态系统；维持汇水区的自然水文条件；保护地表和地下水的水质；降低管网系统的建设；减水排放到自然环境中的污水量；将一系列雨水、污水技术与景观相结合，保护敏感的城市水系的健康，并提升城市在环境、游憩、美学、文化方面的价值。通过减少地表径流和洪峰流量，增加场地雨水滞留和降低不透水面积来削减洪峰流量。

在 WSUD 的雨水管理系统中，具体的技术措施及体系与 BMPS 类似。WSUD 体系提出了一系列将雨水管理纳入城市规划和景观设计的实施途径和措施，旨在改变传统的城市规划设计理念，实现城市雨水管理的多重目标。

WSUD 综合了最佳管理实践（BMP）和最佳规划实践（BPP）的优点，使城市水系统管理和城市规划与景观设计二者结合并使之优化。

常用设施：

- 1. 雨水收集器：收集的雨水可用于厕所冲洗、户外灌溉。
- 2. 垃圾过滤器：用来过滤雨水系统里的固体垃圾（直径大于 5mm 的固体垃圾）的装置。
- 3. 渗滤系统：用上层土壤对雨水进行过滤。但该系统受土壤渗透率的局限。

4. 生物滞留系统：用植被作为媒介来过滤水中的污染物，该系统通常作为景观的一部分，它主要包括生物滞留洼地和生物滞留盆地两种。生物滞留洼地是上部植被和下部的排水管道组成的，水被植被过滤后会进入下部的排水管道（盲管）；而生物滞留盆地则只有上部植被，没有运输水的功能。与渗滤系统相比，生物滞流系统对土壤的要求较为宽松。

5. 人工湿地：人工湿地的规模将利用植被、渗滤系统和生物滞留系统等模拟自然湿地。人工湿地的规模也可以很小，比如庭院里的小湿地。

6. 屋顶绿化、透水路面、人工湖泊等。

所有这些设施都是充分利用雨水，减少雨洪高峰对现有设施 and 环境的压力，并且尽可能和景观相结合，最终达到最优化处理。

1.3.5 德国洼地——渗渠系统（MR）

德国是最早对城市雨水采用政府管制制度的国家，目前已经形成针对低影响开发的水管理较为系统的法律规定、技术指引和经济激励政策。在政府引导下，目前德国的雨洪利用技术已经进入标准化。

1. 通过制定各级法律法规引导水资源保护和雨水综合运用

德国的联邦水法、建设法规和地区法规以法律条文或规定的形式，对自然环境的保护和水的可持续利用提出明晰的要求。联邦水法以优化生态环境、保持生态平衡为政策导向，成为各州制定相关法规的基本依据。1986 年的水法将供水技术的可靠性和卫生安全性列为重点，并在第一条中提出“每一用户有义务节约用水”，以保证水供应的总量平衡，约束公民行为。1995 年德国颁布了欧洲首个“室外排水沟和排水管道标准”，提出通过雨水收集系统尽可能地减少公共地区建筑物底层发生洪水的危险性。1996 年，在水法的补充条款中增加了“水的可持续利用”理念，强调“为了保证水的利用率，要避免排水量增加”，实现“排水量零增长”。在此背景下，德国建设规划导则规定：“在建设项目用地规划中，要确保雨水下渗用地，并通过法规进一步落实”。虽各州的落实方式不同，但都规定：除了特定情况外，降水不能排放到公共管网中；新建项目的业主必须对雨水进行处置和利用。

2. 积极推广三种雨水利用方式。

德国雨水利用技术经过多年发展已经日渐成熟，目前德国的城市雨水利用方式主要有三种：一是屋面雨水集蓄系统，收集的雨水经简单处理后，达到杂用水标准，主要用于家庭、公共场所和企业的非饮用水，如街区公寓的厕所冲洗和庭院浇洒。二是雨水截污与渗透系统，道路雨洪通过下水道排入沿途大型蓄水池或通过渗透补充地下水。德国城市街道雨洪管道口均设有截污挂篮，以拦截雨洪径流携带的污染物。城市地面使用可渗透地砖，以减小径流。行道树周围以疏松的树皮、木屑、碎石、镂空金属盖板覆盖。三是生态小区雨水利用系统，小区沿着排水道修建可渗透浅沟，表面植有草皮，供雨水径流时下渗。超过渗透能力的雨水则进入雨洪池或人工湿地，作为水景或继续下渗。

3. 采用经济手段控制排污量

为了实现排水管网的径流量零增长的目标，在国家法律法规和技术导则的指引下，各城市根据生态法、水法、地方行政费用管理等相关法规，制定各自的雨水费用，（也称为