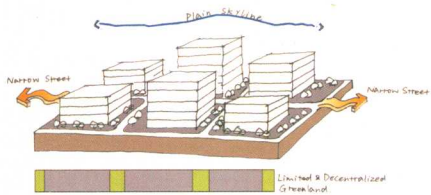


“十三五”国家重点出版物出版规划项目



海绵城市设计系列丛书

SPONGE CITY

Sponge City Design:
Concept, Technology & Case
Study (Revised Edition)

海绵城市 设计：

理念、技术、案例
(修订版)

伍业钢 主编



海绵城市设计系列丛书

海绵城市设计： 理念、技术、案例

(修订版)

**Sponge City Design:
Concept, Technology &
Case Study (Revised Edition)**

伍业钢 主编

图书在版编目 (CIP) 数据

海绵城市设计：理念、技术、案例 / 伍业钢主编
· -- 2版 (修订本). -- 南京：江苏凤凰科学技术出版社，2019.6
(海绵城市设计系列丛书 / 伍业钢主编)
ISBN 978-7-5713-0288-7

I. ①海… II. ①伍… III. ①城市规划-建筑设计
IV. ①TU984

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 078778 号

海绵城市设计系列丛书

海绵城市设计：理念、技术、案例 (修订版)

主 编	伍业钢
项目策划	曹 蕾
责任编辑	刘屹立 赵 研
特约编辑	曹 蕾

出版发行	江苏凤凰科学技术出版社
出版社地址	南京市湖南路1号A楼，邮编：210009
出版社网址	http://www.pspress.cn
总 经 销	天津凤凰空间文化传媒有限公司
总经销网址	http://www.ifengspace.cn
印 刷	北京博海升彩色印刷有限公司

开 本	710 mm × 1 000 mm 1/16
印 张	18
版 次	2019年6月第1版
印 次	2019年6月第1次印刷

标准书号	ISBN 978-7-5713-0288-7
定 价	188.00元

图书若有印装质量问题，可随时向销售部调换（电话：022-87893668）。

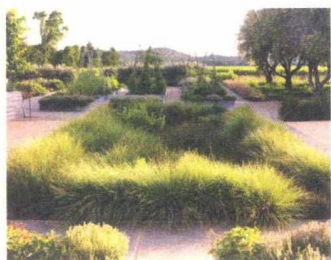
目录

第一章 理念	016
第一节 何谓“海绵城市”？	017
一、雨洪是资源	019
二、减少地表径流和雨水就地下渗	023
三、减少地表径流和减少面源污染	025
四、降低洪峰和减小洪流量	031
五、生态廊道修复和生物多样性保护	032
第二节 何谓“低影响开发”？	036
一、低影响开发对水的尊重	037
二、低影响开发对表土的尊重	038
三、低影响开发对地形地势的尊重	041
四、低影响开发对植被的尊重	048
五、低影响开发与下沉式绿地	052
第三节 何谓“海绵城市设计”？	057
一、海绵城市设计的生态学原则	057
二、海绵城市设计中的景观生态学应用	060
三、海绵城市设计与生态基础设施设计	063
四、海绵城市设计与生态城市设计	067
五、海绵城市设计与流域生态治理	069
第四节 海绵城市建设的意义及管理	073
一、海绵城市的生态效益	073
二、海绵城市的社会效益	079
三、海绵城市的经济效益	081
四、海绵城市的艺术价值	084
五、海绵城市的管理机制	090

第二章 技术	092
第一节 雨洪资源化设计技术	093
一、水文分析与地表径流设计	094
二、雨水收集及雨水花园设计	096
三、海绵城市水系空间格局设计	102
四、遵从自然法则的湿地设计	106
五、地表径流与雨水就地下渗设计	111
第二节 水生态治理设计技术	117
一、自净化系统与生态系统修复	117
二、治污截污及雨污分流	125
三、生态驳岸设计	127
四、跌水堰设计	131
五、水系面源污染三道防线	134
六、以水质为目标的水生态工程设计	136
七、水系污染削减计算模型	138
第三节 绿色设计技术	154
一、绿色建筑雨水利用	154
二、下沉式绿地设计及公路绿化带设计	157
三、低影响开发与植物配置	161
四、城市绿地与城市公园的空间格局设计	163
第四节 生态基础设施设计技术	167
一、城市雨水管理系统设计	167
二、海绵城市渗透铺装设计	169
三、分散式污水处理厂设计	175
四、工程建设中水土流失防治	177
第五节 管理指标体系及经济分析技术	180
一、海绵城市的管理技术	180
二、应用于海绵城市设计的 GIS 分析	183
三、海绵城市后期运营评估办法	185
四、海绵城市的经济效益分析	187

第三章 案例	192
第一节 天津于桥水库湿地——以水质为目标的设计	193
一、项目概况	194
二、规划目标及功能定位	196
三、设计原则	196
四、方案设计	197
五、经验总结	209
第二节 北京琉璃河湿地以水动力为基础的设计	211
一、基础分析	212
二、水质、水量、水动力及水环境挑战	214
三、湿地建设的策略	215
四、湿地设计	215
五、湿地设计的生态构建	217
六、景观规划	224
第三节 十堰官山河水生态治理设计	226
一、项目背景	227
二、现状问题	227
三、设计目标与设计理念	228
四、治理措施	229
第四节 南昌青山湖水生态治理设计	234
一、青山湖的问题	235
二、治理目标及思路	236
三、湖泊生态治理的湿地工程	237
四、设计愿景	245
第五节 绍兴城市水系设计	246
一、绍兴的水城与水系	247
二、绍兴的海绵城市	249
三、如何提升绍兴水系的水质?	249
四、绍兴水动力的提升	254

第六节 宜兴海绵城市设计	258
一、宜兴与建设海绵城市	259
二、宜兴海绵城市建设的具体措施	262
三、海绵城市设施的后期维护及规划总结	266
第七节 东莞石马河流域海绵城市设计	268
一、项目背景	269
二、石马河流域存在的问题	270
三、石马河流域海绵城市建设的目标与定位	272
四、石马河流域海绵城市开发的具体措施	273
第八节 萍乡麻山新区海绵城市经济效益评估	280
一、项目概况	281
二、建设目标与建设内容	281
三、海绵城市建设成本估算	282
四、经济效益估算	283
编后语	287



海绵城市设计系列丛书

海绵城市设计： 理念、技术、案例

(修订版)

**Sponge City Design:
Concept, Technology &
Case Study (Revised Edition)**

伍业钢 主编

图书在版编目 (CIP) 数据

海绵城市设计：理念、技术、案例 / 伍业钢主编
· — 2 版 (修订本) . — 南京：江苏凤凰科学技术出版社，2019.6

(海绵城市设计系列丛书 / 伍业钢主编)

ISBN 978-7-5713-0288-7

I . ①海… II . ①伍… III . ①城市规划—建筑设计
IV . ①TU984

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 078778 号

海绵城市设计系列丛书

海绵城市设计：理念、技术、案例 (修订版)

主 编	伍业钢
项目策划	曹 蕾
责任编辑	刘屹立 赵 研
特约编辑	曹 蕾

出版发行	江苏凤凰科学技术出版社
出版社地址	南京市湖南路1号A楼，邮编：210009
出版社网址	http://www.pspress.cn
总 经 销	天津凤凰空间文化传媒有限公司
总经销网址	http://www.ifengspace.cn
印 刷	北京博海升彩色印刷有限公司

开 本	710 mm×1 000 mm 1/16
印 张	18
版 次	2019年6月第1版
印 次	2019年6月第1次印刷

标准书号	ISBN 978-7-5713-0288-7
定 价	188.00元

图书若有印装质量问题，可随时向销售部调换（电话：022-87893668）。

《海绵城市设计：理念、技术、案例》编委会

主 编 伍业钢

编 委 (按姓氏笔画排序)

马涵冰 王 栋 王晓珩 王海花 史 超

白甲林 刘 赫 刘文晋 刘海峰 刘磊进

安春水 孙 奕 孙巧倩 孙雪峰 李 宁

李 佳 李 珊 李 政 李 翠 李晓文

李翠娟 杨 波 何 鹏 张 瑜 张艳玲

陈 涵 幸益民 郁文吉 易 蓉 周 玥

周 熹 周艳玲 郑 齐 赵逸汀 胡晓斐

贺玉龙 秦文翠 柴淼瑞 徐连芳 徐然然

高宏伟 侯俊青 傅海滨 赫 琳



序一

“海绵城市建设”是近年来我国在城镇开发建设中大力倡导的新模式，与国外所提倡的低影响开发理念是一致的。海绵城市建设是生态基础设施建设的更高层次的表述，更是我国水生态文明建设的战略措施和具体体现。《海绵城市设计：理念、技术、案例》一书是该书的作者们多年来对中国水生态文明建设和海绵城市建设，在理念、技术与具体案例三个方面的实践与设计的总结和提升。本书为水生态、水资源、水环境、水产业、水景观以及生态城市和生态基础设施的建设提出了完整的技术路线和创新方案。当中国的水生态文明建设走入新的历史时期时，这本书将成为一部极为难得的参考文献及宝贵的技术设计指南。

海绵城市建设的关键在于实现区域和城市的雨洪资源化，增加城市的水域和湿地面积，增加雨水的地表下渗率，减少地表径流，减少面源污染以及减少洪灾旱灾的危害。本书为我们提供了一系列实现这一目标的技术方案和实例。同时，这本书也介绍了海绵城市建设的附加价值：节省土地开发成本，提升土地价值，提高城市生活品质。海绵城市的建设，维系着城市的可持续发展，也是新的经济热点。

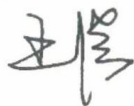
本书遵循“源头控制、过程削减、末端治理”的水污染治理原则，提出了污染治理的“四大污染削减要素”和“六大技术措施”，其设计运用污染削减计算模型，使水污染生态治理实现量化。本书创新性地提出以水系水动力为基础、以水质提升为目标的水生态治理模式，提出建立水系自净化系统

的技术方案，并从流域、城市、区域不同尺度的景观空间格局完整阐述了海绵城市建设的设计理念和技术。

中国所面临的水生态安全问题是严峻的。城市面临着水质污染、水资源枯竭、洪旱灾频繁发生的问题，海绵城市建设刻不容缓。《海绵城市设计：理念、技术、案例》的出版，可以说是及时雨。该书所提出的水系三道防线防止面源污染、以水质为目标的湿地打造、增加城市水域和湿地面积的比例等技术措施，为防洪防旱、改善水质和水资源安全提供了新的思路及解决问题的具体方案，其成功案例具有极其重要的示范意义。

水生态文明建设，归根到底是人类对水资源利用的可持续性的追求，是对水生态安全理念的追求，也是对水环境、水生态工程技术和艺术的追求。《海绵城市设计：理念、技术、案例》的作者们是“美丽中国、生态东方”的追求者。本着这些追求，他们用智慧和辛勤为读者展示了一系列的设计成果。但愿它能满足水生态文明建设和海绵城市建设的建设者、管理者、工程师、设计师、科学家、研究生、大学生和所有读者的兴趣和要求。谨此，特别推荐本书，并对作者们的杰出努力和创造性的成就表示衷心的感谢。

水文水资源专家
中国工程院院士



序二

近年来，一到夏天暴雨过后，关于“内陆看海”的段子便俯拾即是。人们并不是真的愿意靠皮划艇出行，也不愿意天天在马路上捕鱼，调侃的背后是人们对于城市内涝问题的无奈和关切。

这些年媒体和大众普遍关注的焦点几乎一边倒地投向地下管网建设，认为排水不畅才是内涝的主因。但几年来投入大量财力修建，成就寥寥，“海面”依然。

现在很多城市出现内涝，不仅仅是单一的排水不畅、地下管网不合理的问题，而是城市在开发的过程中忽视了生态，使其失去了“弹性”。例如，当前水泥地面的密集使用，就是罪魁祸首之一。当大面积的硬部件覆盖土地时，雨水将无处可走，只能利用管渠等方式排泄，多个洪峰一叠加很容易就会形成内涝。这种末端集中控制的设计理念，往往会导致逢雨必涝、旱涝急转。

城市生态系统作为一个典型的复杂系统，系统内部个体之间存在错综复杂的非线性相互作用，要解决当前的城市内涝等生态环境问题，必须了解生态系统的复杂性。复杂性科学研究中一个具有重要意义的“弹性”或“可塑性”概念在这里极具现实意义。生态弹性城市会更好地利用绿地、自流和净化雨水，一方面补充了地下水，另一方面也让土地和地表生命植被得到了很好的发展。也就是说，一个城市或一个区域需要一定量的地表水流域和湿地面积来储存常年雨水，减少地表径流。而目前的城市建设，不仅浪费了宝贵的雨水资源，而且让水系统的生态服务功能也一同被浪费。

城市内涝短期内很难解决。中国城市建设密度太高，城市硬化几乎到处都是，美国有些城市已经在采取大面积清除硬化的解决方式，但这一方案若在中国推行恐怕效果不大。与此同时，内涝的解决不是一城一地的任务，涉及整个流域和区域的开发，这一点使问题变得更加复杂。

生态弹性，是一个贯穿城市开发始终的问题。这就要求，城市首先要解决生态基础设施建设。一个城市在设计之初就应该确定湿地面积与陆地总面积的比例，并以此为红线。另外，还应注重低影响开发。这就要求在设计、工程、施工和管理等整个开发过程中对环境的影响最小化，对雨洪资源的影响最小

化，同时必须尊重地形、地貌、水文和植被等，比如不能把城市河流作为纳污河，不能破坏水岸边的草沟和草坡，这样就可以保护好水系自净的能力。

事实上，生态弹性城市与中国当前推行的海绵城市异曲同工。一个在生态学上具有弹性的城市，就像是一块巨大的海绵，遇到有降雨时能够就地或者就近吸收、存蓄、渗透及净化雨水，补充地下水和调节水循环；在干旱缺水时有条件地将蓄存的水释放出来，并加以利用，从而让水在城市中的迁移活动更加“自然”。

这样就可以尽可能优化利用生态系统的特征和组件，比如雨水花园、下沉绿地、植被草沟等。这样的城市系统就需要生态学合理的资源配置和空间格局的综合部署。

就在我前往参加 2015 年生态文明贵阳国际论坛之前，很高兴读到了伍业钢博士主编的《海绵城市设计：理念、技术、案例》一书，非常及时，内容之丰富，条理之清楚，具有极强的可操作性。2015 年 4 月 2 日，海绵城市建设试点名单公布，迁安、白城、镇江、嘉兴、池州、厦门等 16 个城市将率先投入建设。中央政府财政对海绵城市建设试点给予直辖市每年 6 亿元、省会城市每年 5 亿元、其他城市每年 4 亿元的专项资金补助，一定三年。对于采用 PPP 模式达到一定比例的，将按上述补助基数奖励 10%。同时，中央政府还将组织财政部、住房和城乡建设部、水利部对各城市定期组织绩效评价。评价结果好的，按中央财政补助资金基数 10% 给予奖励；评价结果差的，将扣回中央财政补助资金。我极力推荐这本书给做生态城市、海绵城市研究、设计及工程的同行们。相信你们也会与我一样，读后受益匪浅。

从中央到地方，从专家到民间，当政策、资本和智库齐聚时，未来“内陆看海”有望成为古老传说。

美国加利福尼亚大学生态学终身教授
世界生态高峰理事会现任主席

李百炼

前言

海绵城市的提出无疑是中国生态城市建设的重要里程碑。东方园林生态城市规划设计院作为海绵城市设计的专业团队，几年来在全国五十多个城市的规划设计中，创新提出了一系列海绵城市设计的理念和技术，创作了一批海绵城市设计的案例。我们借助这本书，总结归纳了这些设计，将其奉献给城市规划和海绵城市设计的同行，也希望给城市管理者、学者、研究人员，以及海绵城市的建设者一个有价值的参考。

显然，海绵城市作为一项国策，彰显中国水资源管理进入一个新的历史时期。水是城市的血液，也是城市的命脉。海绵城市的打造是以“雨洪是资源”为目标，以控制面源污染、保障水质为核心的水资源管理和水生态治理的理念。雨洪是资源，蓄为先，一个城市或者是一个区域要有足够的地表水面积和湿地面积来蓄存常雨量，要减少地表径流，促使雨水就地下渗，补充地下水。雨洪是资源，就要考虑最大一次连续降雨下城市雨洪的系统管理，实现蓄洪水面、湿地、绿地、雨水花园和公园等空间的最大化，雨洪就地下渗的最大化，地表径流、城市排水管道分散化和系统化，以及城市流域水系和汇水空间格局的合理化。一场连续暴雨，可能占全年降雨量的30%~70%，如果把这一雨洪资源泄掉排掉，那一年里旱灾的严重性程度是可想而知的。而且，如果没有足够的城市空间把雨洪蓄下来，所有的洪水汇集到狭窄的防洪高堤坝内，所形成的洪峰和洪水的压力和威胁是巨大的。因此，海绵城市将从根本上改变防洪防涝的管理方式，减少洪灾旱灾的威胁，是水安全的重要保障。

海绵城市设计的一个挑战就是，如何确定一个城市或者一个区域适当的水域和湿地面积与陆地总面积之比例。我们在浙江绍兴的城市规划中，建议这个比例为15%比较合适。这个比例跟年总降雨量、最大连续降雨量、地形地势、土壤类型、植被类型、城市空间格局和地表径流强度等要素有关。各城市或各区域间的差异很大，但是，海绵城市设计的基本原理是一致的，那就是必须以流域为整体，以产业和城市空间格局为抓手，以防洪防旱和水质保障为宗旨，综合考虑水安全、水资源、水生态、水经济和水景观的总体设计。因此，海绵城市设计是一定意义上的系统设计或者说是生态设计。

为了检验海绵城市设计的成功与否，我们建立了一系列海绵城市建设指

标体系。除了城市水域和湿地面积、洪峰和洪水安全系数，雨水下渗率是海绵城市设计的另一个重要指标。我们一般可以假设，在自然植被条件下，总降雨量的40%会作为蒸腾蒸发进入大气，10%会形成地表径流，50%将下渗成为土壤水和地下水。而城市的建设，打破了这种雨水分布格局：40%的蒸腾蒸发变成40%以上的蒸发，地表径流则可能从原来的10%增加到50%或更多，下渗则会从50%减少到10%或更少。显而易见，这种改变造成洪水量和洪峰的危害、雨洪资源的严重丧失、水土流失、面源污染和水系自净化系统的破坏。因此，减少地表径流、减少水土流失、减少面源污染、减少雨洪资源损失、减少洪水和旱灾危害，以及增加雨水就地下渗、补充地下水，就成为海绵城市设计的具体指标（目标）和核心技术的关键。而这些具体指标和核心技术要素，就是低影响开发（Low Impact Development，简称LID）的核心内容。

如果说，海绵城市是城市建设的生态基础设施建设，或者说，海绵城市建设是生态城市建设的关键，那么，海绵城市建设的目标是通过低影响开发的技术得以实现的。为了达到“低影响”，我们的设计和开发就必须遵从四个尊重，即：尊重水、尊重表土、尊重地形和尊重植被。尊重水，就不应该把河流作为纳污河，就不能破坏水岸边的草沟草坡，就要防止面源污染，保护好水系的自净化系统和水生态系统。表土是千万年形成的财富，是地表水下渗的关键介质，是植被生长的基础。尊重表土，就是要保护和利用好这样的宝贵资源，防止水土流失，以及在开发中收集好表土及开发后复原好表土。自然地形所形成的汇水格局是一个区域开发的重要因素，地形变了，汇水格局就变了，低影响开发就是要研究原有地形和开发后地形的不同汇水格局及其影响，因此，尊重地形的设计和开发，影响小，安全，也体现空间多样性，具有自然和艺术的美。植被是地形的产物，也是水和土壤的产物；同时，植被是地形、水和土壤的“守护神”，没有植被，水土流失和面源污染则不可避免，没有植被，水质、水资源和表土都会丧失，地形也会改变。当然，没有植被，水也会失去它的资源属性，变成灾难性的洪水、干旱及水荒，造成经济损失和制约城市的发展。

因此，在某种意义上，低影响开发与海绵城市建设也可以认为是“同义词”。海绵城市，其狭义是雨洪管理的资源化和低影响化，广义则包括城市生态基础设施建设和生态城市建设的目标体系。它包括流域管理、清水入库、截污治污、水生态治理、滞流沟、沉积坑塘、暴雨叠水堰、植被缓冲带、雨洪资源化、水系的空间格局、水系的三道防线、生态驳岸、水系自净化系统、水生生态系统、湿地、湖泊、河流、水岸线、生态廊道、城市绿地、城市空间、雨水花园、下沉式绿地、透水铺砖、透水公路和屋顶雨水收集系统等众多大大小小的具体技术和设计。但是，就目前国家战略的考量，海绵城市建设大多集中在一个重要的议题，那就是水质和水污染的生态治理技术和设计，这也是本书的重点。

但是，我们必须强调，我们所打造的海绵城市，在不同尺度下的含义是不同的。海绵城市在小尺度的小社区和小区域的建设，是目前所提倡的海绵城市建设的理念、技术和设计，这也是美国所提倡的低影响开发的理念、技术和设计。但是，在中国，我们所面临的许多城市内涝、防洪防旱、水资源安全及水生态安全的问题，仅在小区和城区范围的海绵城市建设是很难奏效的。它必须在流域的尺度上及在水系整体打造上的海绵城市建设下，才能得以解决。因此，我们更强调和重视大尺度的和流域的海绵城市的建设和设计。尺度的概念在海绵城市设计中是非常重要的。

这本书里，我们着重介绍了水生态治理技术的六大要素和设计理念：水动力（沉淀、流速和流量）、植被（本地种、结构、功能和空间格局）、微生物（种类和数量）、土壤（岛屿、生态驳岸和水岸线）、暴雨（叠水堰和坑塘）、湿地（空间格局和面积）。这六大要素对水系污染的削减作用和水系自净化系统修复起关键性的作用。我们的设计还对每一个要素在不同的水系、不同水质条件、不同水系流速和流量下对污染削减的量化（COD、NH₃和TP）做了空间和时间的削减模拟计算，并利用这一模拟计算的结果指导不同水质要求（比如如何将一级B的尾水河段，通过水生态治理六大要素的设计，实现水系地表水三类水质），提出水系生态治理的设计方案。本书也给读者提供了我们的一些经典设计案例，希望能对海绵城市设计及水生态治