



北京大学环境科学与工程学院

环境综合实习一报告

班 级： 2019 级本科生班

组 别： 第 5 组

姓 名： 房晨

学 号： 1900013531

指导教师： 刘兆荣、刘文、董华斌、赵志杰

2021 年 7 月

（一）格式要求

1. **封面格式不可更改！**实习报告文件命名格式为“学号-姓名-报告题目”，其中“****”为实习报告题目。
2. 观点明确，论据详实，条理清楚，文字简练，格式规范，具有鲜明的针对性和创新性，正文字数一般不少于 2000 字。
3. 题目应准确、简洁，能概括报告的要旨，一般不超过 20 个汉字，必要时可加副题。标题中应避免使用非公知公用的缩略语、字符、代号以及结构式和公式。
4. 正文的层次清晰，标题应简短明了，不超过 15 个字，不用标点符号。
5. 正文内容：字体为宋体小四 1.5 倍行距。
6. 表格应采用三线表，可适当加注辅助线。
7. 插图（含照片）下方应注明图序和图名，要求主题鲜明、层次清晰、反差合适、剪裁恰当。

（二）内容提纲

题目

摘要

关键词

前言

1. 关注问题
2. 问题解析
3. 专业讨论
4. 结论和建议

目录

1、 引言：上海实习回顾与选题思考	4
1.1 实习回顾	4
1.2 选题思考	5
2、 理论基础：海绵城市的原理与应用	6
2.1 海绵城市的概念内涵	6
2.2 海绵城市的技术与工程原理	8
2.3 我国海绵城市的实践与应用	9
3、 实证分析：上海市海绵城市建设改造案例	10
3.1 苏州河——高密度城区滨水生态空间规划	11
3.2 静安区——老旧城区的海绵化改造	13
4、 展望：海绵城市的潜在效益与未来发展	15
4.1 海绵城市的效益评估	16
4.2 管理费用与融资模式	17
4.3 预测与展望	18

海绵城市：从理论规划到实践改造

——以上海为例

房晨

（北京大学环境科学与工程学院，北京 100871）

摘要：自从 2013 年海绵城市这一概念被正式提出以来，从 30 个试点城市出发，以点带面逐渐带动了全国各大中城市开始进行海绵城市的规划与改造，对于城市生态环境与社会民生产生了巨大的效益，此次前往上海进行的环境综合实习一的所见所闻也给我带来了关于海绵城市建设的感受与思考。本文首先回顾了上海实习的过程并在此基础上引入了海绵城市的选题背景，之后从技术原理与工程应用两个方面（分别结合环境科学与环境工程的部分知识）分析了海绵城市的理论基础，然后结合实习中涉及到的苏州河与静安区两个地点，梳理了这两个案例开展的海绵城市建设的实践改造情况（分别侧重于雨水花园与透水铺装两项工程措施），最后基于现有的部分经验，对海绵城市建设在环境管理视角下的效益评估与融资机制提出了展望。

关键词：海绵城市 雨洪调蓄 雨水花园 透水铺装 PPP 模式

1、 引言：上海实习回顾与选题思考

1.1 实习回顾

2021 年 7 月 4 日到 7 月 10 日，环境综合实习一课程团队前往上海开展了为期一周的实地考察。同学们参观了上海市环境监测中心、静安区生态环境局等环境管理单位与部门，同时也前往了苏州河沿岸、长江口的青草沙水库、老港垃圾焚烧基地、泰和地下污水处理厂等应用环境科学与工程理论的实习点，另外还结合上海的文化与历史底蕴参观了鲁迅纪念馆、中共一大会址、朱家角古镇等一系列名胜古迹，可谓是一次丰富而又充实的旅程。在实习过程中，我们将课堂上学

到的理论知识与实际工作的具体情况相联系，通过与同学、老师的交流与沟通强化了对于环境学科的认识，也对于未来的学习研究产生了一定的指导作用。

表 1 环境综合实习一日程安排

日期	任务（简要说明每个阶段的任务）	天气情况
7.4	1、白天抵达上海，入住酒店房间 2、晚上聆听华东师范大学生环学院老师的总体讲解	气温 26℃，天气阴
7.5	1、上午参观上海市环境监测中心 2、上午聆听生态环境局执法大队做的报告 3、下午沿着苏州河行走并了解有关知识	气温 31℃，上午天气阴，下午天气晴朗
7.6	1、上午参观长江口青草沙水库 2、下午参观鲁迅纪念馆	气温 30℃，全天天气晴朗
7.7	1、上午前往中共一大纪念馆附近参观 2、下午前往老港再生能源利用中心参观垃圾焚烧设施 3、制作当日推送	气温 34℃，全天天气晴朗
7.8	1、上午在上海市静安区生态环境局开展座谈活动 2、下午参观泰和地下污水处理厂	气温 24℃，上午天气阴，下午天气大雨
7.9	1、上午前往上海市淀山湖环境监测站参观超站仪器 2、下午考察并游览上海市朱家角古镇	气温 30℃，上午天气阴，下午天气雨
7.10	1、返回北京	

1.2 选题思考

在第一天的实习中，我们在苏州河畔一边行走一边思考城市河道与水体的规划与治理需要遵循怎样的思路与方法。我也在老师的讲解下逐渐了解到苏州河水

质目前仍然受到降雨溢流放江的影响，而这会加剧水体的污染程度。为了解决这一问题，不少学者考虑将苏州河沿岸的绿地与步道利用起来，形成一个微型的海绵城市项目，借助其含水蓄水的方式减少降雨时向苏州河道排水的量。后来我也了解到在上海其实有十余个类似的试点项目，在实施过程中分别侧重于发挥不同的功能，苏州河的景观步道作为其中具有代表性的改造范例值得进行深入的研究。

在之后的实习过程中，我在老港再生能源利用中心（垃圾焚烧厂）观察到厂区的中心是一个精心打造的雨水花园，另外也在前往静安区生态环境局的时候观察到了路面的透水砖，这些都是能够提升一个区域蓄水能力的基础设施，也都是海绵城市理论鲜活应用。7 月 9 日，上海降下了大暴雨，在大巴车上看着地面逐渐累积的雨水，我看到了这座超大城市（Megacity）在应对夏季雨水与洪峰的双重考验下实现有效调蓄并避免内涝所面临的巨大挑战。

综上所述，我对于上海与海绵城市建设与规划之间的关系产生了浓厚的兴趣，也希望结合自己此次实践的所见所闻，通过文献调研与理论学习对此建立更加深入的思考与认知。

2、 理论基础：海绵城市的原理与应用

2.1 海绵城市的概念内涵

2012 年 7 月北京的强降雨引发了严重的城市内涝，并进一步导致了市区内交通系统的瘫痪，这一事件造成了北京市巨大的经济损失，也充分暴露出了城区排水系统的脆弱，引发了人们对于城市基础设施建设的反思。目前，我国城市化的进程仍然在持续，2020 年我国城市常住人口已经突破了 9 亿人¹，未来还会进一步增加，但快速的城市化会造成水资源过度开发、地面不透水区域不断扩大、原有水系分布被简化而变得稀疏等一系列破坏城市排水蓄水功能的后果，最终造成逢雨必涝，内陆看海等“城市病”的出现，海绵城市（Sponge City）这一概念也

¹ 数据来源：<https://www.statista.com/statistics/278566/urban-and-rural-population-of-china/>

基于此现状在 2013 年召开的中央城镇化工作会议上被正式提出。

作为一个城市规划领域的全新概念，中国在界定海绵城市的内涵时借鉴了不少发达国家的先进经验：如美国国家环保署（EPA）提出的低影响开发（Low Impact Development, LID）、最佳管理实践（Best Management Practice, BMP）以及绿色基础设施（Green Infrastructure, GI）理论，英国的可持续城市排水系统（Sustainable Urban Drainage Systems, SUDS），澳大利亚的水敏感性城市设计（Water Sensitive Urban Design, WSUD）等一系列早期关于雨洪调蓄（雨水调节和储存二者的总称）的实践成果。

2016 年颁布的文件中将海绵城市定义为“通过加强城市规划建设管理，充分发挥建筑、道路和绿地、水系等生态系统对雨水的吸纳、蓄渗和缓释作用，有效控制雨水径流，实现自然积存、自然渗透、自然净化的城市发展方式”。²“海绵”一词其实已经蕴含了这一概念主要的两方面特征：吸水、保水、释水的水分特征以及回弹、压缩或拉伸后自我恢复的力学特征，二者共同组成了城市对于雨水吐纳与涵养的能力。

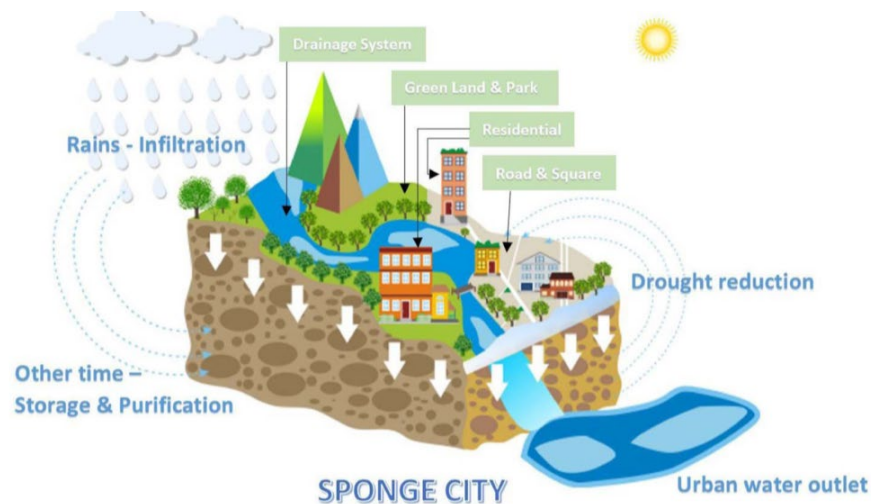


图 1 海绵城市原理图^[1]

² 中华人民共和国住房和城乡建设部(MOHURD, 2016), 海绵城市建设国家建筑标准设计体系
Available at: <http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201602/W020160204051432.pdf> (Accessed 16 July 2021)

2.2 海绵城市的技术与工程原理

海绵城市尝试运用一系列技术与工程的手段应对过量雨水对城市的破坏与干扰，是中国城市建设与规划领域的一个重大突破，相比于传统城市的“快排”模式，海绵城市能够分担地下管网在雨季与汛期排涝的压力。从技术上进行理论分析，改变城市的排水防涝思路是海绵城市的关键原理，仅仅减少城区硬地面（沥青、水泥等）的表面积并扩大可吸水地面（尤其是绿地）的面积即可降低径流直接排放量 40% 以上，增加下渗与集蓄的水资源比例，从而有效削弱暴雨或洪灾带来的负面影响。在提高城市对暴雨适应能力的基础之上，俞孔坚等学者也提出要充分利用城市这一“绿色海绵”储蓄的雨洪水恢复湿地系统，并积极营造具有多种生态服务功能的城市生态基础设施。^[2]

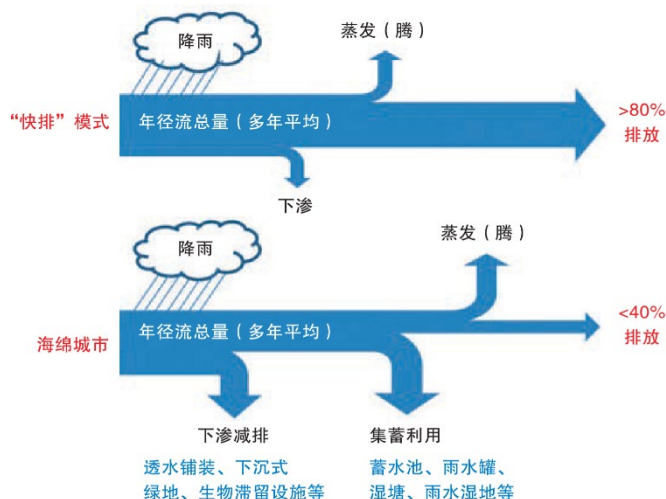


图 2 传统城市（上）与海绵城市（下）的排水防涝思路^[3]

与此同时，需要增加的补充措施可以根据不同城市的具体情况进行合理选用，包括提供绿色房顶空间、存储并利用雨水资源、用多孔性材料修建道路、种植强吸水性的植物、设置能够蓄水的滞留塘等不同尺度的工程改造。³

在实际的工程建设过程中，人们还概括出了海绵城市“六字诀”——“渗、

³ What are sponge cities and why are they the future of urban design? (Chapman Taylor, 2020-08-26)
 Available at: <https://www.chapmantaylor.com/insights/what-are-sponge-cities-and-why-are-they-the-future-of-urban-design>(Accessed 16 July 2021)

滞、蓄、净、用、排”。其中，“渗”要求提高地面、屋顶的可渗透性，强化城市渗水能力；“滞”指利用下凹式绿地滞流雨水；“蓄”要求恢复并改造内湖或湿地水域，提高蓄水能力；“净”则要求污水处理设施与管网对城市水资源进行充分净化；“用”包括污水再生利用设施的建设；“排”包括雨污分流式管网等排水设施的完善。通过上述六个方面的改造，城市的水循环系统能够逐渐形成并发挥相应的作用。^[4]



图 3 海绵城市工程实例（从左到右：延时滞留池、下沉式绿地、下凹绿地与植草沟）^[3]

2.3 我国海绵城市的实践与应用

2015 年，国务院正式提出我国海绵城市总体建设目标——“最大限度地减少城市开发建设对生态环境的影响，将 70%的降雨就地消纳和利用”，并要求到 2020 年，城市建成区 20%以上的面积达到该要求；到 2030 年则提升至 80%以上。⁴

我国采用的是试点模式从部分城市出发向全国推广海绵城市的建设，第一批共有 16 个城市入选，第二批则是 14 个，先行城市可以获得国家财政的亿元支持进行相应的城市改造，并设置了对试点城市 3-10 年的考察时间表。

⁴ 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）

Available at: http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-10/16/content_10228.htm (Accessed 16 July 2021)

表 2 海绵城市试点城市名单

2015 年 4 月 2 日第一批试点城市	2016 年 4 月 27 日第二批试点城市
迁安、白城、镇江、嘉兴、池州、 厦门、萍乡、济南、鹤壁、武汉、 常德、南宁、重庆、遂宁、贵安新 区、西咸新区	北京、天津、大连、上海、宁波、 福州、青岛、珠海、深圳、三亚、 玉溪、庆阳、西宁、固原

通过对国家官方媒体发布的新闻进行归纳分析可以发现，2016 年时，30 个试点城市中有 19 个都在夏季的暴雨下出现了城市内涝的情况，看似并没有取得十分显著的成效。⁵而到 2021 年，全国共建成落实海绵城市建设理念的项目达到 4 万多个，实现雨水资源年利用量 3.5 亿吨，从海绵城市建设面积与河道水质改善情况等不同标准衡量的结果来看，建设效果较为理想。⁶在此基础上，我国又进行了系统化全域推进海绵城市建设示范的竞争性评审，并选出了唐山、无锡、泸州等 20 座城市作为新一批的示范城市，为未来的海绵城市发展提供了样本。⁷

3、 实证分析：上海市海绵城市建设改造案例

上海作为第二批参与海绵城市试点的城市之一，在过去的五年中进行了多方面多区域的改造工程，也取得了一定的改造成效。上海于 2016 年 11 月公布《上海市海绵城市专项规划》，该文件将全市划分为三块区域：生态保护区（远郊、水源地等）、生态修复区（黄浦江、苏州河沿岸区域等）、低影响开发区（中心城、新城新建、改造区等），针对三类区域自然与社会功能的差异，分别可以设计不同

⁵ 全国 30 个海绵城市试点，19 城今年出现内涝（人民日报社中国经济周刊，2016-09-05）

Available at: <http://www.ceweekly.cn/2016/0905/163283.shtml>(Accessed 16 July 2021)

⁶ 海绵城市建设如何带来“会呼吸”的生活？（新华网，2021-05-11）

Available at: http://www.xinhuanet.com/fortune/2021-05/11/c_1127433503.htm(Accessed 16 July 2021)

⁷ 2021 年系统化全域推进海绵城市建设示范评审结果公示（中华人民共和国水利部 2021-06-02）

Available at: http://www.mwr.gov.cn/zw/ghjh/202106/t20210607_1521601.html(Accessed 16 July 2021)

的改造方案。⁸

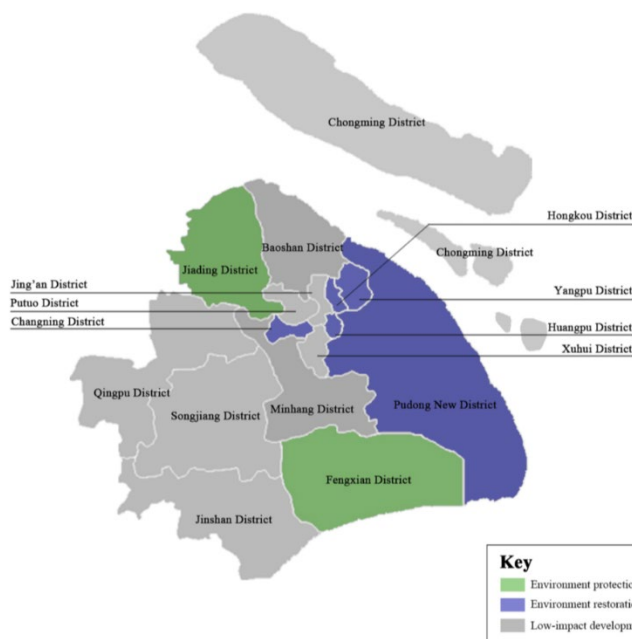


图 4 上海市海绵城市结构图（绿、紫、灰色区域分别对应生态保护区、生态恢复区、低影响开发区）^[5]

在此次实习中，我们行走在苏州河的慢行步道上，见证了这一生态修复区的工程改造成果，在静安区开展座谈时，在市区内能够感受到低影响开发区进行道路海绵化改造的变化，这两个工程作为上海市海绵城市的典型案例值得进行深入的分析与探讨。

3.1 苏州河——高密度城区滨水生态空间规划

作为一条水运交通要道与繁忙的工业运河，苏州河见证了上海从小渔村发展为国际金融中心的崛起与变迁，自 1843 年上海开埠后，沿岸各工厂或作坊生产过程中排放废弃物对河道水质造成了严重的破坏，20 世纪 70 年代时已降为劣五类水，对周边居民的正常生活造成了破坏与干扰。经过 1998 年以来的三期改造工程，苏州河的面貌已经得到了显著的改善，但河道水质仍然会因为暴雨溢流放江

⁸ 《上海市海绵城市专项规划》规划公示（上海市规划国土资源局 2016-11-04）

Available at: http://hd.ghzyj.sh.gov.cn/hdpt/gzcy/sj/201611/t20161104_698481.html (Accessed 16 July 2021)

而受到较大的干扰，因此在海绵城市的理念下，苏州河及其沿岸区域需要承担更多的蓄水与涵养水资源的生态功能。

针对过量降雨可能造成的负面影响，上海市对苏州河附近的防汛通道、沿河人行步道、沿河公园绿地等滨水岸线景观均进行了改造。具体的海绵城市工程包括建设雨水花园，蓄渗、净化径流雨水；对人行步道和局部广场进行透水铺装建设；对驳岸绿化带进行“植草沟+雨水湿地”的改造，使雨水得到进一步的沉淀、过滤、净化和调蓄等等。

以雨水花园为例，上海市普陀区绿化和市容管理局就在苏州河沿岸建设了一片面积达 17000 平方米滨河空间雨水花园。⁹其基本原理在于利用浅凹绿地对城市地面的雨水径流进行汇集与吸收，之后利用地下的蓄水层、介质层涵养水资源，提高雨水的入渗与净化能力，最后可以将其补给景观、厕所用水等城市用水。

雨水花园的设计同时结合了海绵城市多种原理与工程技术，在雨洪管理领域已经发展得足够成熟，目前的前沿研究主要集中于对雨水入渗量、土壤组分变化、溢流的蓄渗过程、花园内水循环模型等方面的数值模拟与定量评估，并借此寻找径流削减效果最优的花园设计方式。^[6]

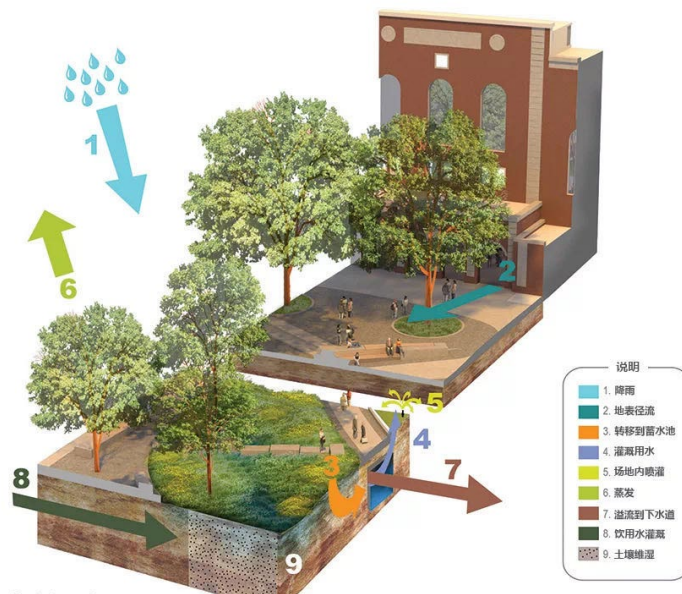


图 5 宾夕法尼亚大学 SHOEMAKER GREEN 项目雨水花园的内部区域水循环模型¹⁰

⁹ 美不胜收！@普陀人，这个家门口的“雨水花园”你知道吗？（澎湃新闻，2019-08-18）

Available at: https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_4194197 (Accessed 16 July 2021)

¹⁰ 两次获得 ASLA 大奖的经典雨水花园案例——城市雨水系统的重构（芦苇景观公众号，2020-05-18）

Available at: <https://mp.weixin.qq.com/s/F9u3OFIOzn4JZKu4rvaDkQ> (Accessed 16 July 2021)

苏州河的特殊条件在于其丰富的历史文化价值以及身处高密度城区内部改造空间有限的现实制约。大量的中国近代工业旧址（包括四行仓库、上海造币厂旧址、上海邮政大厦等）分布在苏州河沿岸，属于滨水工业遗产，在当代逐渐成为了共享城市景观，体现了从专享到共享的改造理念。^[7]与此同时，步道在一幢幢历史建筑或树木的遮挡下显得拥挤而狭窄（华政段步道最宽处不过 2 米¹¹），城市高密度发展导致空间被缩减而缺乏余地。

上述两个挑战给改造创造了难度，任何一项海绵城市的项目都需要经过慎重的评估与考量才能最终得以执行。而 Sasaki 景观设计公司（上海静安苏州河两岸城市设计国际设计竞赛第一名获得者）巧妙地对河道进行重新布局，沿河设置了城市节点和绿地花园，并最大化保留区域内独具特色的历史建筑与通达的步行网络，将历史、文化、艺术相结合，化解了上述的两个困难。¹²



图 6 对苏州河重新布局与设置节点的具体改造方式（左为抽象图，右为具体地图）

3.2 静安区——老城区的海绵化改造

老城区容纳了城市的大量人口，直接关乎民生的安居乐业，但不少老城并不能及时跟上时代发展的步伐，相比新区建设，老城区的基础建筑标准不够高，配套设施也不够完善。^[8]老城区脆弱而陈旧的给排水系统在暴雨灾害下很容易发生崩溃，产生市区内涝的风险，因此海绵城市改造对其具有重要意义，但改造过

¹¹ 900 米滨河空间贯通，百年校园与苏州河美景交融（新华网，2021-07-07）

Available at: http://sh.xinhuanet.com/2021-07/07/c_1310046856.htm (Accessed 16 July 2021)

¹² 苏州河两岸城市设计（摘自 Sasaki 官网，该设计项目于 2016 年正式完成）

Available at: <https://www.sasaki.com/zh/projects/suzhou-creek/> (Accessed 16 July 2021)

程中难度高，阻力大的现实因素也不应忽视。

静安区作为上海市的老城区，具有开发早、排水设施老旧、绿地稀少等区域特征，发生暴雨时地表更易积水，在改造过程中，政府部门主要针对静安区城市道路系统进行了海绵化处理。据报道，改造工程包括车行道翻挖新建、雨水连管翻排、铺设透水砖等几项措施，不仅改善了道路整体面貌，同时减轻了道路的排水系统压力，消除了人行道积水现象，产生了良好的环境改善效果。¹³

以透水砖与透水铺装（Permeable Paving）为例可以分析城市道路进行海绵化改造的基本途径。从剖面图（图 7）进行分析，表层砖在进行铺设时需要留有一定的缝隙作为排水节点，透水砖下方则是 2-5mm 的垫层（Bedding Course），再下方则是可渗透的土壤基层（Permeable Base Course），最底部是路基（Subgrade），如果需要可以在路基上方设置一层土工布（Textile）。¹⁴完整的、透水性能好的铺装方式可以加速暴雨到来时雨水在地表的渗透速度，使得路面的水痕不再明显，同时也可能实现减少直排污水而增加渗透的效果。

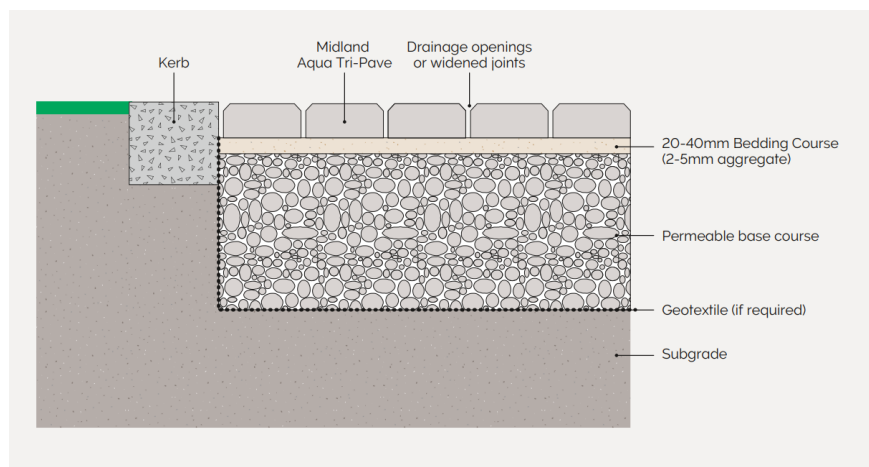


图 7 透水铺装的基本结构（剖面图）¹⁴

在具体工程设计的过程中，由于城市道路需要同时负担承载交通与处理雨水的功能，因此需要综合考虑城区的交通流量、降雨量、路基等条件考虑实际的铺

¹³ 上海市 15 个海绵城市建设改造案例分享（中国给水排水公众号，2018-08-14）

Available at: <https://mp.weixin.qq.com/s/D1YKAmkf9ZU7hEx40MOvMw> (Accessed 16 July 2021)

¹⁴ Midland Brick 品牌宣传手册（2020-08） Available at:

<https://www.midlandbrick.com.au/MidlandBrick/media/Documents/PaversBrochures/Midland-Brick-Permeable-Brochure-Aug-2020.pdf> (Accessed 16 July 2021)

装材料与厚度，还需要结合改造的预算金额选择合适的透水铺装类型（根据让雨水渗透进土壤与将其借助管道排出的相对比例分为完全渗透、部分渗透与零渗透三种类型）。

静安区未来对城区进行海绵化改造的思路主要包括：源头削减（减少地面径流量，削减面源污染物）、过程控制（封堵直排口，将合流制排水系统改造为分流制）、末端治理（溢流口设置人工湿地削减污染量，强化河道自净能力，恢复生态功能）三个方面。¹⁵从目前已经采取的工程措施来看，源头削减的设施建设较为顺利，而过程控制需要对原有的管道系统进行全面改造，末端治理需要大型湿地的建设与打造，可能还需要更长的时间才能真正实现。

4、 展望：海绵城市的潜在效益与未来发展

海绵城市在内涝缓解以及对城市生态系统的改善等方面均发挥了重要的作用，具有丰富的环境效益，但在具体建设过程中，除了技术上的瓶颈约束了部分地区相关改造工程的推进以外，财政预算、融资方式等管理领域的困难也不应被忽视。作为城市发展的一个关键性改变，建设海绵城市与应对内涝风险对于决策者而言是一个重要的选择与平衡，背后不仅涵盖环境科学与工程方面的理论，同时也需要有管理视角的思考。政府应当在海绵城市建设项目启动前分析如何衡量资金投入，寻找资金来源，并在此基础上更好地利用财政支出将城市的生态功能高效而显著地得以提升。

目前关于海绵城市领域的“费用效益分析”（Cost-Benefit Analysis, CBA）并没有得到充分的发展，希望在未来能够有更多此方面的评估与研究。

¹⁵ 《静安区海绵城市建设规划（2018-2035 年）》（静建管委（2020）11 号，2020-08-10 发布）

Available at: <https://www.jingan.gov.cn/govxxgk/JB4/2020-08-10/b9ad0d86-cc05-444f-a9f1-f359f752ec6f.html>
(Accessed 16 July 2021)

4.1 海绵城市的效益评估

环境经济学中关于环境价值的市场度量理论可以为海绵城市能够产生的效益进行合理评估。环境效益方面，海绵城市对降低空气污染、降低噪声、提升径流水质、吸收 CO₂、缓解城市热岛效应等做出的贡献可以借助市场价值法（Market Value Method）进行评估。有研究就对海绵城市建设带来的污水减排量、绿化面积增加量、建筑寿命延长量进行了定量的计算。

比如：海绵城市改造后天然雨水资源被收集汇总，避免被流失，从而减少了污水的排放量，根据污水处理单价即可计算这部分的环境效益。

$$S_{ws} = VQ_{ws} \cdot C_s$$

式中：

VQ_{ws} 为海绵城市建设增加的雨水收集量， m^3

C_s 为污水处理单价，元/ m^3 [9]

由于是在人群集中的区域进行大规模环境改造，海绵城市的建设过程中还会不可避免地产生一定的社会效益，包括居民健康质量，福利水平以及生活满意度的提升等等。由于这类效益不存在现有的市场价格，无法利用市场价值法进行评估，可以考虑采用意愿调查法（Contingent Valuation Method, CVM），通过问卷发放的形式构建假想市场，调查居民对于海绵城市项目（及其产生的环境改善效果）的支付意愿（Willing To Pay, WTP）从而进行评估。

城市不同区域内进行的改造项目可能带来不同环境领域的协同效应（Co-benefits），从气候变化与环境保护等宏观角度分析，协同效应产生的影响不容忽视。但目前人们对于背后的协同机制并没有构建足够的理解，因此环境效益的价值评估会存在一定的误差。

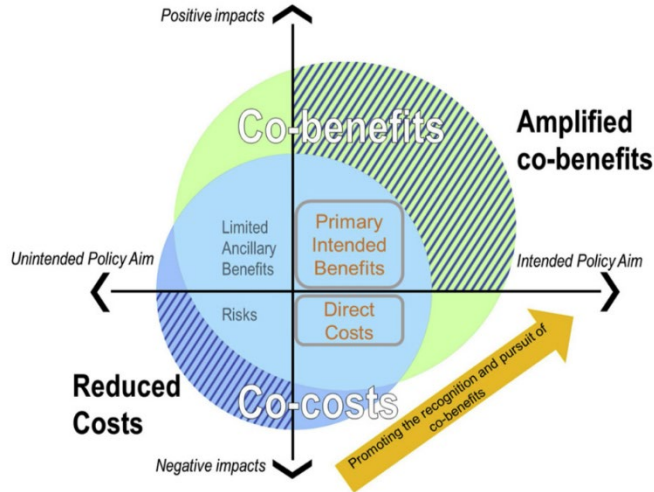


图 8 协同效应与成本对于计划与非计划的政策目标的影响机制图解^[10]

4.2 管理费用与融资模式

海绵城市作为市政工程中的重要环节，需要较大的资金投入作为项目建设的支撑力量，尽管不同的评估机构对建设成本的估算结果有一定差异，但进行整合后可以得出大致的费用区间为：每平方公里海绵城市建设成本约为 1-1.8 亿元（住建部城建司副司长章林伟估算结果为 1.6 至 1.8 亿元/ km^2 ¹⁶，前瞻产业研究院统计海绵城市试点建设五年以来的累计投资约 1.9 万亿元，进而得出统计数据结果约 1-1.5 亿元/ km^2 ¹⁷）。

估算结果表明，海绵城市在未来存在巨大的投资空间。但由于海绵城市多数带有公共事业性质，不具有营利属性，且投资回报的周期较长，因此对于政府而言投资压力较大，需要对融资机制进行积极探索与创新。目前我国关于基础设施项目融资常见的几种市场化融资模式分别为：ABS（Asset-Backed-Securitization，资产支持证券化）、PPP（Public-Private-Partnership，公私合营制）、BOT（Build-Operate-Transfer，建设-经营-转让）、TOT（Transfer-Operate-Transfer，移交-经营-移交），其中最具有代表性也是应用最为广泛的是 PPP 模式。

¹⁶ 国务院力推海绵城市：每平方公里投资过亿（21 世纪经济报道，2015-10-01）

Available at: <https://m.21jingji.com/article/20151001/570abe36741b34a669d96329d148398f.html> (Accessed 16 July 2021)

¹⁷ 海绵城市万亿投资规模 PPP 发展模式提供新支点（前瞻产业研究院，2018-09-20）

Available at: <https://bg.qianzhan.com/report/detail/458/180920-13420697.html> (Accessed 16 July 2021)

PPP 模式的基本思路在于通过公共部门（政府）与私人部门（企业）达成合作，为社会提供公共产品和服务。在这样一种商业模式中，政府对整个项目的建设、运营进行指导与监督，并制定总体项目目标，私人企业主要进行具体的建设、投资与运行管理，政府最终通过付费为企业提供回报，实质上是政府委托企业参与原本属于政府职能范围内的部分公共物品的生产与供应环节，通过引入社会资本缓解了债务压力。^[11]

对于海绵城市而言，开发地块、市政管网、流域综合治理是三类具有典型特征的整体项目，它们在与 PPP 结合时会产生不同方面的交叉与相互作用，因此在未来需要将海绵城市建设项目的特点充分纳入考量，为投资者提供“定制化的融资服务”。^[12]

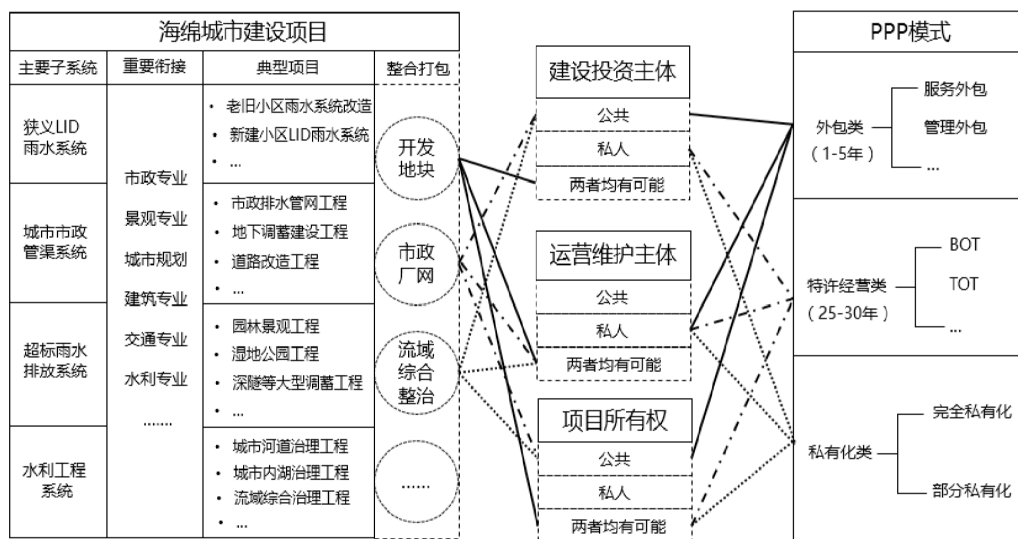


图 9 海绵城市建设项目与 PPP 模式的联系^[12]

4.3 预测与展望

2021 年 7 月 6 日，上海社会科学院生态与可持续发展研究所编写的《上海蓝皮书：上海资源环境发展报告(2021)》正式发布，报告明确提出了上海未来在生态环境领域的工作重点与努力方向，其中也包括利用海绵城市原理构建城市滨水空

间¹⁸，可以预测在未来上海仍将在海绵城市方面继续深入规划与建设。

上海市的海绵城市建设在我国整体对比下看来是具有显著优势的，先天条件方面，上海沿江靠海的优越地理位置决定其水资源禀赋较为充裕，对于雨水的下渗与回用需求不够强烈，主要工作为防洪排涝¹⁹；后天条件方面，上海的技术水平、资本市场都较为发达，海绵城市的相关工程能够运用较为先进的措施进行针对性地融资与建设。这两点决定了上海在海绵城市建设过程中的重要示范作用，希望在未来的发展中能够继续发挥这两个方面的优势地位，积极在技术与工程领域取得新的进展与突破，真正成为一个“人民向往的生态之城”。

¹⁸ 报告精读 | 上海蓝皮书：上海资源环境发展报告(2021)（上海资源环境发展报告官方微博，2020-07-07）

Available at: <https://weibo.com/ttarticle/p/show?id=2309404656447207375190>(accessed 16 July 2021)

¹⁹ 长三角议事厅 | 从“城市看海”反思海绵城市建设（澎湃新闻，2020-07-30）

Available at: https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_8505975_1(accessed 16 July 2021)

【参考文献】

- [1] Faith Ka Shun Chan a b c, Jag, D., Dhe, F. , Sx, A. , Fz, G. , & Ytt, A. , et al. (2018). "sponge city" in china—a breakthrough of planning and flood risk management in the urban context. *Land Use Policy*, 76, 772-778.
- [2] 莫琳 & 俞孔坚.(2012).构建城市绿色海绵——生态雨洪调蓄系统规划研究. *城市发展研究*(05),130-134.
- [3] 仇保兴.(2015).海绵城市(LID)的内涵、途径与展望. *给水排水*(03),1-7.
- [4] 吴丹洁,詹圣泽,李友华,涂满章,郑建阳,郭英远 & 彭海阳.(2016).中国特色海绵城市的新兴趋势与实践研究. *中国软科学*(01),79-97.
- [5] Shuxian Feng & Toshiya Yamamoto.(2020).Preliminary research on sponge city concept for urban flood reduction: a case study on ten sponge city pilot projects in Shanghai, China. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*(6).
- [6] 唐双成,罗纨,贾忠华,李山,仵艳 & 周萌.(2015).雨水花园对暴雨径流的削减效果. *水科学进展*(06),787-794.
- [7] 朱怡晨 & 李振宇.(2018).作为共享城市景观的滨水工业遗产改造策略——以苏州河为例. *风景园林*(09),51-56.
- [8] 孔俊婷,龚航 & 刁鹏.(2019).天津市老旧小区海绵化改造策略研究. *建筑节能* (05),124-128+143.
- [9] 胡期光 & 刘冲.(2018).海绵城市建设中既有居住小区绿化改造费用效益分析. *天津城建大学学报*(06),448-453.
- [10] Bao-Jie He,,Jin Zhu,,Dong-Xue Zhao,... & Junsong Wang.(2019).Co-benefits approach: Opportunities for implementing sponge city and urban heat island mitigation. *Land Use Policy*({4})
- [11] 邓翊.(2016).海绵城市项目融资模式选择研究(硕士学位论文, 广西大学).
Available at:
<https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbname=CMFD201701&filename=1017041177.nh>(Accessed 16 July 2021)
- [12] 耿潇,赵杨 & 车伍.(2017).对海绵城市建设 PPP 模式的思考. *城市发展研究*(01),125-129+134.