

低碳信息快报

二〇一六年第十六期
(总第 113 期)
2016 年 8 月 18 日

中国杭州低碳科技馆

学术中心

编

签发人：吉京杭

海绵城市： 让城市回归自然

“海绵城市”的提出背景.....	2
什么是“海绵城市”.....	3
“海绵城市”建设的国内及国际案例.....	6
“海绵城市”建设的技術方法及实施策略.....	13



海绵城市：让城市回归自然

“海绵城市”的提出背景

改革开放以来，我国城市数量从 1978 年的 193 个增加到 2014 年的 658 个，城镇化率达到 54.77%，城市已成为人们生产生活的主要组成部分。与此同时，城市也面临资源约束趋紧、环境污染加重、生态系统退化等一系列问题，其中又以城市水问题表现最为突出。

水安全问题。一方面，受“重地上、轻地下”等习惯思维的影响，城市排水设施建设不足，“逢雨必涝”成为城市顽疾，据统计，全国 62% 的城市发生过水涝。另一方面，传统城市到处都是水泥硬地面，城市绿地等“软地面”在竖向设计上又高于硬地面，雨水下渗量很小，也未考虑“滞”和“蓄”的空间，容易造成积水内涝，更严重的是，阻碍地下水补给，造成地下水水位下降、形成漏斗区。如 2014 年海口市漏斗区面积为 726 平方公里，比 2004 年增加了 48 平方公里，其中 2008 至 2013 年海口漏斗区面积持续扩大。

水生态问题。传统城市建设造成大量湖河水系、湿地等城市蓝线受到侵蚀，据调查，我国湿地面积比 10 年前减少 3.4 万平方公里，海南东部沿海超过 20% 的湿地消失，土壤、气候等生态环境质量下降。另一方面，城市河、湖、海等水岸被大量水泥硬化，甚至这种城市化水岸修筑模式已向乡村田园蔓延，人为割裂了水与土壤、水与水之间的自然联系，导致水的自然循环规律被干扰，水生物多样性减少，水生态系统被破坏。

水污染问题。以海南为例，目前主要江河及湖库水质保持优良，但是城市内河、部分入海河流水质问题始终没有得到改善，据省环境监测中心监测，全省城市内河水水质达标率仅 51.4%。值得一提的是，目前的城市污水都是到下游、末端集中处理，长距离的污水管网工程，不仅耗费资金和地下空间资源，而且污水沿途“跑、冒、滴、漏”，以致污水处理厂负荷不足，又造成新的环境污染。

水短缺问题。海南降雨量充沛，人们很难联想到缺水问题，然而事实上海南也季节性缺水、区域性缺水，如今年 6 月份的干旱造成多个城市用水告急，原因就是海南降雨在时间、空间上分布不均衡，加上岛屿地理上中间高、四周低，河短坡陡，水来得急、去得也快，而位于城市的自然调蓄空间大量被挤占，人工蓄水设施又不足，导致大量雨水白白流走。

建设“海绵城市”就是要系统地解决城市水安全、水资源、水环境问题，减少城市洪涝灾害，缓解城市水资源短缺问题，改善城市水质量和水环境，调节小气候、恢复生物多样性，使城市再现“鸟语、蝉鸣、鱼跃、蛙叫”等生态景象，形成人与自然和谐相处的生态环境。

什么是“海绵城市”

“海绵城市”的国际通用术语为“低影响开发雨水系统构建”，指的是城市像海绵一样，遇到有降雨时能够就地或者就近“吸收、存蓄、渗透、净化”径流雨水，补充地下水、调节水循环，在干旱缺水

时有条件将蓄存的水“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”。

“海绵城市”的核心理念是就地解决水患，而非把水转移到他处。目前国内多地遇洪后，多采取紧急排洪方式，将上游灾害转移给下游，难免殃及泄洪区村镇。而“海绵城市”系统是一种弹性的、可循环的治水方式，让城市内部消化雨洪。建设“海绵城市”的关键是一方面保护和恢复原有的河湖、湿地、民间坑塘等具有集水涵养功能的自然“海绵体”；另一方面是通过科学规划打造人工湿地、雨水花园、下沉式绿地、“绿色”屋顶等人工“海绵体”，就地蓄留和消化雨洪。



2012年4月，在《2012低碳城市与区域发展科技论坛》中，“海绵城市”概念首次提出；2013年12月12日，习近平总书记在《中央城镇化工作会议》的讲话中强调：“提升城市排水系统时要优先考虑把有限的雨水留下来，优先考虑更多利用自然力量排水，建设自然存积、自然渗透、自然净化的海绵城市”。而《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》以及仇保兴发表的《海绵城

市(LID)的内涵、途径与展望》则对“海绵城市”的概念给出了明确的定义，即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。提升城市生态系统功能和减少城市洪涝灾害的发生。

国务院办公厅于2015年10月印发《关于推进海绵城市建设的指导意见》，提出通过“海绵城市”建设，综合采取“渗、滞、蓄、净、用、排”等措施，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。“小雨不积水、大雨不内涝、水体不黑臭、热岛有缓解”是指导意见勾画出的未来生态型城市图景。

入汛以来中国南方地区已连续出现多次强降水过程，部分城市遭遇“内涝成海”的尴尬。年年暴雨，年年内涝，中国城市似乎陷入“治水方式”之困，而打造“海绵城市”则提供了一种从“末端治理”转向“源头治理”的智慧治水新思路。

构建海绵城市益处多多：

一、吸住集中江水，告别“城中看海”

快排模式：雨水落到硬化地面，通过管道集中排出。强降雨一来，修多粗的下水道都不够用。许多严重缺水的城市，就让70%的雨水白白流失了。

建设海绵城市：暴雨来时，城市像海绵一样储存雨水；暴雨过后，让雨水缓慢地流出。避免短时间内大量雨水带来城市内涝问题。

二、雨洪利用，节约水资源

当降雨时，城市吸饱水；当干旱缺水时，将储存的水释放出来加以利用

三、生态与经济并重，改善城市生态环境

保护河、湖、池塘等天然水系，改善了城市的生态环境，缓解城市缺水和热岛效应。

调蓄设施和城市既有的绿地、园林、景观水体相结合，水污染治理费用大幅减少，降低城市内涝造成的巨额损失。

“海绵城市”建设大大减少了建设排水管道和钢筋混凝土水池的工程量，经济效应可观。

“海绵城市”建设的国内及国际案例

“海绵城市”的理念已经让国内外不少城市得以从容应对水患。

国内：

北京玻璃河湿地——以水动力为基础的设计

玻璃河湿地项目是北京市“十二五”期间重点建设的10座实际湿地公园之一，2012年被国家发改委确定为全国发展改革试点小城镇。

东莞石马河流域海绵城市——引水入域、引绿入城

一方面保护现状河流、水库、山区林地和农田等原有生态海绵体；另一方面增加和完善由湖泊、湿地、公园、水网及绿化廊道等构成的海绵体系，打造水清岸美山绿的生态新城。

哈尔滨群力雨水公园——雨水弹性城市的绿色海绵

由北京大学建筑与景观设计学院俞孔坚教授主持的哈尔滨群力国家城市湿地公园获得 2012 年唯一的“综合设计杰出奖”。俞孔坚教授的哈尔滨群力国家城市湿地公园，探索了一条通过景观设计来解决城市雨洪问题的创新方法：即建立城市“绿色海绵”，将雨水资源化，使雨水发挥综合的生态系统服务功能，包括：补充地下水，建立城市湿地，形成独特的市民休闲绿地等等。该项目取得了良好的社会和生态效益，目前已经成为国家城市湿地公园。

深圳——研究、规范、示范三位一体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。十年来，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已初见成效。

福建——以省域专项行动和技术指南引导海绵城市建设

为减缓因城市不透水地表增加引发的城市内涝等系列生态问题，福建省政府开展了提高城市透水率专项行动。福建省住房和城乡建设厅近日组织编制了试行的技术指南，围绕提高透水率的主要实现途径，从规划设计优化和工程措施推广方面，分别提出在规划设计中贯彻透水理念的设计要点和要求。

国际：

英国：源头入手 一举两用

为解决日益严重的水资源短缺问题和提升伦敦等大城市的市政排水能力，英国政府积极鼓励在居民家中、社区和商业建筑设立雨水收集利用系统，以从根源上解决这两大问题。当前英国家庭用雨水收集系统多用于满足家庭灌溉、洗衣等非饮用水需要。家庭用雨水收集系统多在家中设置 1000 升至 7500 升的储水罐，雨水直接从屋顶收集，并通过导水管简单过滤或者更为复杂的自净过滤系统后导入地下储水罐储存。同时，英国也在大力推动大型市政建筑和商业建筑的雨水利用。当前大伦敦区最为典型的的就是伦敦奥林匹克公园。园内主体建筑和林地在建设过程中建立了完善的雨水收集系统。通过回收雨水和废水再利用等方式，这一占地 225 公顷的公园灌溉用水完全来自于雨水和经过处理的中水。此外，公园还将回收的雨水和中水供给周边居民，使周边街区用水量较其他类似街区下降了 40%。

法国：形态不一 提升循环

法国作为现代城市雏形起源国之一，其境内不少主要城市的排水、防涝以及雨水循环处理的设计思路各具特色，形态不一。巴黎作为法国首都，其水循环系统堪称世界范围内大都市中的典范。1852 年，著名设计师奥斯曼主持改造了被法国人誉为“最无争议”并基本沿用至今的水循环系统。奥斯曼的设计灵感源自于人体内部的水循环。他认为，城市的排水管道如同人体的血管，应潜埋在都市地表以下的各处，以便及时吸收地表渗水。城市的排污系统则如同人体排毒，

应当沿管道排出城镇，而不是直接倾泻于巴黎的塞纳河内。另一座法国著名城市里昂的水循环处理则是因地制宜，充分借助了自然的力量。相比于巴黎，里昂的城市水循环并不过分突出地下排水管的作用，城市中的数个社区区域内各有低洼地面，其雨水收集充分借助了地面走势的特点，让雨水通过精密设计的水渠流入这些低洼地域。里昂市中心的中央公园便建立在一片低洼地中。当地建筑设计师在建造该公园时，特意留出了一个容量为 870 立方米的储水池。

德国：高效集水 平衡生态

得益于发达的地下管网系统、先进的雨水综合利用技术和规划合理的城市绿地建设，德国“海绵城市”建设颇有成效。近年来，德国开始广泛推广“洼地—渗渠系统”，使各个就地设置的洼地、渗渠等设施与带有孔洞的排水管道相连，形成了分散的雨水处理系统。低洼的草地能短期储存下渗的雨水，渗渠则能长期储存雨水，从而减轻城市排水管道的负担。德国的雨水利用技术经过多年发展已日臻成熟，目前主要的城市雨水利用方式有 3 种：一是屋面雨水集蓄系统；二是雨水截污与渗透系统；三是生态小区雨水利用系统。另外他们还在探索其他方法：在城市市中心建设面积巨大的城市公园；鼓励市民参与建设“绿色屋顶”，专家评估认为，屋顶绿化工作如果能达到一定密度，未来至少可以留住 60% 的降雨。

新加坡：疏导有方 标准严格

新加坡作为一个雨量充沛的热带岛国，其最高年降雨量在近 30 年间呈持续上升趋势，却鲜有城市内涝的情况发生。首先，预先规划

城市排水系统。新加坡通常在进行地面建筑的建设之前，会事先规划和设计好该建筑的地下和地面排水系统，因此每一栋建筑，包括人行道、马路周边都分布有一定数量的排水渠。其次，加强雨水疏导，建立大型蓄水池。经由城市雨水收集系统收集到的雨水最终将汇入新加坡城市周边的 17 个大型蓄水池，而这些大型蓄水池也是新加坡解决雨水疏导和城市内涝问题的关键所在。第三，建立严格的地面建筑排水标准。新加坡公用事业局数次修订和提高地面建筑排水系统标准，要求所有新建筑物必须提高防水门槛的高度。

美国洛杉矶：强化设计 加快改建

美国大多数城市秉承传统的水利设施设计理念：在郊外储存雨水，利用水渠送到市区，污水通过地下沟渠排走。这种理念按照西方的说法始于古罗马时代，现在仍然大行其道。即使在非常缺水的加利福尼亚州，也是因循这一并不适合当地生态的城市水利与用水模式。目前，美国的一些城市规划专家正在研究在干旱地区重新进行规划，打造海绵城市。在加州，80%的地方是极度干旱地区。当地的一些城市规划者在设想如何将倾盆大雨留下，变成饮用水和灌溉用水，把城市打造成像海绵一样，可以有效吸收雨水。正如负责设计规划法国莱佩尔勒市“海绵城市”概念的 BASE 建筑事务所工作人员所说，弱化城市与水界限的设计规划思路未来或将成为业界潮流，让冰冷的混凝土河堤与水电站被设计精妙的植被与大片绿化带代替，既有利于城市内水的自然循环，也有助于环保，说到底，是实现人类与自然的和谐共处。

瑞士：雨水工程 民众参与

20 世纪末开始，瑞士在全国大力推行“雨水工程”。这是一个花费小、成效高、实用性强的雨水利用计划。通常来说，城市中的建筑物都建有从房顶连接地下的雨水管道，雨水经过管道直通地下水道，然后排入江河湖泊。瑞士则以一家一户为单位，在原有的房屋上动了一点儿“小手术”：在墙上打个小洞，用水管将雨水引入室内的储水池，然后再用小水泵将收集到的雨水送往房屋各处。瑞士以“花园之国”著称，风沙不多，冒烟的工业几乎没有，因此雨水比较干净。各家在使用时，靠小水泵将沉淀过滤后的雨水打上来，用以冲洗厕所、擦洗地板、浇花，甚至还可用来洗涤衣物、清洗蔬菜水果等。

如今在瑞士，许多建筑物和住宅外部都装有专用雨水流通管道，内部建有蓄水池，雨水经过处理后使用。一般用户除饮用之外的其他生活用水，用这个雨水利用系统基本可以解决。瑞士政府还采用税收减免和补助津贴等政策鼓励民众建设这种节能型房屋，从而使雨水得到循环利用，节省了不少水资源。

在瑞士的城市建设中，最良好的基础设施是完善的、遍及全城的城市给排水管道和生活污水处理厂。早在 17 世纪，瑞士就已经出现了结构简单、暴露在道路表面的排水管道，迄今在日内瓦老城仍然能看到这些古老的排水道。从 1860 年开始，下水道已经被看做是公共系统重要的组成部分，瑞士的城市建设者开始按照当时的需要建造地下排水系统。瑞士今天的地下排水系统则主要修建于二战后。当时，瑞士出现了大规模的城市化发展，诞生了很多卫星城市。在这一时期，

瑞士制定了水使用和水处理法律，并开始落实下水管道系统建设规划。

荷兰鹿特丹：“水广场” 智慧治水



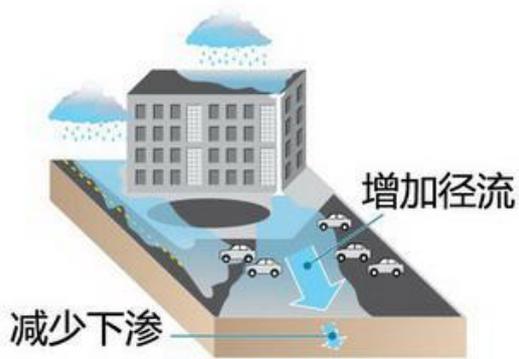
有“低地之国”之称的荷兰约有四分之一国土低于海平面，包括全球最大港口城市之一鹿特丹。它也是荷兰面对水患的第一前哨，面临海水、河水、雨水与地下水四种水的威胁。由于现存沟渠和河道无法有效疏解剧增的地表水，鹿特丹采用打造“水广场”的方式智慧治水。水广场由几个形状、大小和高度各不相同的水池组成，水池间有渠相连。平时，这里是市民娱乐休闲的广场；一旦暴雨来临，水往低处流，水广场就变成一个防涝系统。由于雨水流向地势更低洼的水广

场，街道上就不会有积水。在水广场，雨水不仅可在不同水池循环流动，还可以被抽取储存作为淡水资源。

“海绵城市”建设的技术及实施策略

中国从 2015 年开始推行海绵城市战略，截止 2016 年 4 月，全国已有 30 座城市开展海绵城市建设国家试点，囊括了北京、上海、深圳等一线城市。进入试点的城市，可以获得中央财政专项资金补贴，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，连补 3 年。得益于中央财政的给力支持，全国海绵城市建设短期内呈现出快速推进、大规模铺开之势，但多位专家和地方规划者表示，强力推进之下，不可避免地在顶层设计、项目施工、社会资本参与等方面显现出一些问题和困惑，需要在后续探索中加以改进。目前中国海绵城市发展的“软肋”主要体现在三个方面：第一，“快速排净”和“末端集中控制”的传统观念仍然盛行，与海绵城市“慢排缓释”和“源头分散控制”的理念不相匹配；第二，海绵城市建设投资规模大、周期长，往往遇到资金短缺的问题，需要科学完善的利益补偿和回报机制吸引社会资本有效参与；第三，现有城市规划、市政、道路、园林等部门多从专业和利益出发，不交流、不合作、各扯一摊，而海绵城市的建设需要跨部门的协调与合作。

传统开发



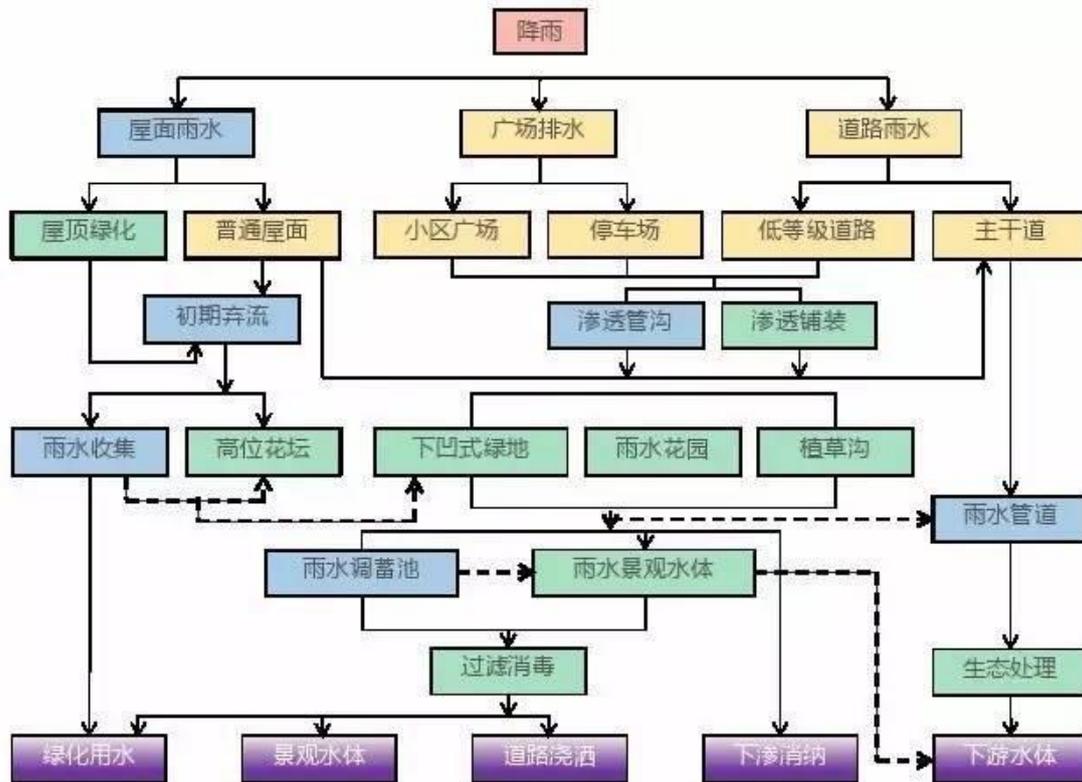
低影响开发



发展海绵城市不能急功近利，要做好全局战略规划，从法律体系、财税政策、管理机制、技术与产业体系、人才培养、公众参与等环节综合考虑实施，补充上述短板。

海绵城市建设，要以城市建筑与小区、城市道路、绿地与广场、水系等建设为载体，城市规划、设计、施工及工程管理等各部门、各专业要统筹配合。维持和恢复城市绿地与水体的吸水、渗水、净水能力，是建设海绵城市的重要手段，通过渗、滞、蓄、净、用、排等多种生态化技术，构建低影响开发雨水系统。使低影响开发雨水设施与城市雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统有效衔接，充分发挥城市“绿色”基础设施与“灰色”基础设施协同作战的能力。

低影响开发技术按主要功能一般可分为渗透、储存、调节、转输、截污净化等几类。通过各类技术的组合应用，可实现径流总量控制、径流峰值控制、径流污染控制、雨水资源化利用等目标。在实践中，应结合不同区域水文地址、水资源等特点及技术经济分析，按照因地制宜和经济高效的原则选择低影响开发技术及其组合系统。



建“海绵城市”须防大兴土木

不过，需要注意的是，建设“海绵城市”并不意味着一味大兴土木搞工程，甚至进行“破坏性建设”。恢复城市本身的自然生态本底，对天然存在的绿地、湿地、河湖等景观的保护和修复，充分调动自然本体消化、吸收雨洪的作用也是关键。我国在长期城镇化建设中出现了开发强度高，屋面、道路硬质铺装多等问题，一定程度上破坏了土壤的渗水功能。对于这些过度硬化，就要“去工程化”，充分发挥自然与城市的“绿色协调效应”。



城市需要探寻与水共生的和谐方式，“海绵城市”提供了“化刚为柔”的治水方式，并把水患威胁转化成了城市改造更新的契机。

冯春华综合编辑



中国杭州低碳科技馆

HANGZHOU LOW CARBON
SCIENCE & TECHNOLOGY MUSEUM, CHINA

欢迎关注中国杭州低碳科技馆官方微信。
查找微信号“zghzdtkjg”，或扫描右侧二维码。



报：中国科协、浙江省科协

送：中国科技馆、浙江省科技馆，市科协主席、副主席

总编：牛卢璐

校对：钱晶晶
