



数字景观

——中国第三届数字景观国际论坛

成玉宁 杨锐 主编

数字景观

——中国第三届数字景观国际论坛

成玉宁 杨 锐 主编

东南大学出版社

·南京·

图书在版编目(CIP)数据

数字景观:中国第三届数字景观国际论坛/成玉宁, 杨锐主编. —南京:东南大学出版社, 2017.10

ISBN 978-7-5641-6859-9

I. ①数… II. ①成… ②杨… III. ①数字技术—应用—景观设计—文集 IV. ①TU986.2-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 233335 号

数字景观——中国第三届数字景观国际论坛

出版发行:东南大学出版社

社 址:南京市四牌楼 2 号 邮编:210096

出 版 人:江建中

责任编辑:朱震霞

网 址:<http://www.seupress.com>

电子邮箱:press@seupress.com

经 销:全国各地新华书店

印 刷:虎彩印艺股份有限公司

开 本:889 mm×1 194 mm 1/16

印 张:26

字 数:600 千字

版 次:2017 年 10 月第 1 版

印 次:2017 年 10 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5641-6859-9

定 价:145.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话:025-83791830

走向科学的艺术

现代风景园林学广泛关注人居环境规划设计与建设管护各个领域,全尺度、多目标研究、规划设计人居环境,实现可持续发展基础上优化人居环境质量,这是本学科主旨。作为科学与艺术的统一,现代风景园林学关注形态,更关注形态背后的规律。与之相应,形象与逻辑、感性与理性、艺术与科学均在现代风景园林中达成统一。长期以来,艺术与科学一直被视为人类认知、描述外部世界的两种不同途径,分别关注事物的不同方向。“形态”与“生态”作为现代风景园林学要解决的两大基本问题,分别对应着“美的规律”与“自然规律”,形态的美可以量化,一如画面的黄金分割、空间尺度、序列韵律乃至色彩等,而规律具有逻辑性,则更适合于定量表达,如生态绩效、生境构成、参数化设计等,由此可见数字景观的普及不仅推动景园规划设计的科学化、学科教育的规律化,且可定量也是风景园林学科走向成熟的标志。基于规律的景园规划设计方法具有不断累积更新的效应,不再囿于经验的拷贝与重复。“数字”与“景观”这一对似乎风马牛不相及的范畴因此而结缘,引领着现代风景园林学的发展。

与各色炫目的“主义”不同,数字景观不是概念,更不限于技术本身,以定量辅助定性地解决复杂系统问题为出发点,以统筹实现人居环境多目标优化为目标,致力于定量揭示、描述作为复杂系统的景园环境评价、设计、营造及持续发展规律。时至今日,数字景观方法与技术可以助力风景园林研究、设计、

营建与管控全过程:从数据采集分析、数字模拟与建模、虚拟现实与表达、参数化设计与建造,到物联传感与数字测控,数字景观无处不在。应对复杂的场地、自然环境与历史遗存,大数据时代的中国园林,有研究更有着丰富的实践,曾经的“世界造园之母”得到空前的发展。随着数字景观方法与技术运用的普及,必然提升风景园林学的科学性、推动人居环境的持续发展。科学讲求逻辑关系,科学规律的运用催生了相应技术。科学解决为什么、技术回答怎么办,遵循科学、运用技术是风景园林艺术发展的必由之路。

科学研究专注揭示规律、技术的价值在于运用规律,与现代风景园林学关系密切的学科,诸如生态学、景观生态学、土壤学、植物学、地学、水文学,以及3S、生物反馈、计算机软硬件、物联传感等数字技术的发展,直接或间接地为“数字景观”营造了条件。现代风景园林学的发展需要满足多目标、解决不同尺度的系统问题,遵循科学规律、运用同种技术并不会导致景园环境趋同,反而由于最大限度地突出不同环境条件的特质,可以有效避免个人认知经验的局限性与偏见,凸显景观环境的特异性。讲科学、重技术不会也不可能导致景园环境趋同,相反建立在科学基础之上的景园环境会更加多元与各具特色。

法国作家福楼拜曾说:“科学和艺术在山麓分手,回头又在顶峰汇聚。”科学求真、人性崇善、艺术尚美,真善美的结合不辱现代风景园林学使命。

中国第三届数字景观国际论坛

成玉宁

目 录

海绵城市与绩效研究 Study on the Sponge City and its Performance

相反相成:基于数字技术的城市道路海绵系统实践

——以南京天保街生态路为例…………… 成玉宁 谢明坤(1)

基于 SWMM 的绿地雨洪管理效能模拟分析…………… 刘 颂 毛家怡(12)

都市淹水潜势分析之应用

——台北市大沟溪滞洪亲水公园规划设计…………… 侯庆贺 董 翟 林开泰 徐 炜 董建文(19)

景园环境与绩效研究 Study on Landscape Architecture Environment and its Performance

基于网络大数据的北京森林公园社会服务价值评价研究…………… 王 鑫 李 雄(26)

场地生境营造的实验与计算机模拟设计研究…………… 刘 晖 吴小辉 王晓军 薛治纲 郑林骄(32)

基于社区生活圈的上海市公共开放空间绩效研究…………… 杜 伊 金云峰(37)

观赏植物选择分析技术及景观绩效评价研究…………… 马文倩 陈 烨(46)

基于生态系统服务空间分布公平性分析的社区绿地优化方法探讨

…………… 王瀚宇 吴远翔 杨杰莹 吴 冰(53)

基于 web 大数据语义分析的景观文化传达与文化服务绩效评价方法探究

——以辰山植物园为例…………… 曹 畅 戴代新(62)

景园数据采集与分析 Acquisition and Analysis of Data about Landscape Architecture

Landscape and built heritage at Villa Cimbrone in Ravello, Italy. The survey of the Villa's

pavilions from TSL survey to HBIM …………… Alessandro D'Amico, Edoardo Currà(73)

三维实景模型在景观设计中的应用探索

——以金塔公园为例…………… 李加忠 程兴勇 郭 湧 梁 晨(83)

基于 VAT 技术的纪念性景观轴线空间设计方法研究

——以马山烈士陵园设计为例…………… 李 哲 卢 喆 曹鹏程 卓百会(89)

基于风景园林信息模型的数字化场地设计研究

——以重庆前沿科技城规划为例…………… 郭 湧 闫少宁 刘 晶(100)

线性景观色彩序列构成量化研究

——以秦淮区外秦淮风光带规划设计为例…………… 谭 明 成玉宁(107)

基于大数据多变量数据库的观赏植物优选研究…………… 孙琪悦 陈 烨(117)

城市行道树根系与路面冲突问题及其协调办法

——基于植物根系 3D 建模分析…………… 徐 畅 陈其兵 闫晓俊 李 念 张 成(124)

景园环境与定量研究 Landscape Architecture Environment and Quantitative Research about it

风景园林小气候研究中的数字化技术应用…………… 刘滨谊 赵晨欣(130)

风景园林感受量化的基础

- 上海市高密度住区环境春秋季节小气候环境测定…………… 刘滨谊 梅 歆(137)
- Using Unmanned Aerial Vehicle Data to Assess the Three-Dimension Green Quantity of Urban Green Space—A case study in Shanghai, China
…………… Huilin Liang, Weizheng Li, Qingping Zhang, Wen Zhu, Di Chen, Jie Liu, Ting Shu(146)
- 风景园林的定量化研究探析…………… 张德顺 刘晓萍 吴 雪(157)
- 智能景观浮床在富营养化水体中的研究与应用…………… 张 成 李 念 徐 畅 吴林家 陈其兵(169)
- Human Wildlife Conflict in Khata Corridor, Mid-Western Nepal …………… Rahul Tuladhar(175)
- 基于低碳理念的园林铺装可持续性定量分析研究
——以花岗石铺装为例…………… 张金光 赵 兵 成玉宁(191)
- 杭州地区疗养院风景园林空间春季小气候特征实测及分析
——以南京军区杭州疗养院为例…………… 段玉侠 金荷仙(200)
- 阈流网络与文化景观的关联作用及其系统构建研究
——以浙闽两省乡土卵石作景观研究为例…………… 季 茜 曾小凡 万 敏(207)
- 建成环境绿道选线潜力评价模型的建构与应用…………… 周聪惠(218)
- 生物传感技术支持的景观体验计算…………… 陈 箜 罗 焯 刘 颂(227)
- Experimental Point-cloud Based Visibility Analysis
——A comparison of solid model vs. point cloud model
…………… Guanting Zhang Peter van Oosterom Edward Verbree Xiaojun Wang(231)
- 基于 BIM 的植物构件信息模型数据库的建立及应用 …………… 林洪杰 汤 辉 林泽鹏 蔡德鹏(238)
- 城市微气候与城市能耗…………… 李艳霞 武 玥 石 邢(242)
- 国家湿地公园发展模式探讨…………… 李 念 张 成 徐 畅 陈其兵(246)
- 基于“源-汇”景观理论的静风高密度城市大气污染控制途径研究
——以成都市二环路内中心城区为例…………… 黄 瑞 吴林梅(254)

数字技术与景园教学 Digital Technology and Landscape Teaching

虚实相生

- 参数化景园规划设计教学研究…………… 袁旻洋 成玉宁 李 哲(260)
- 风景园林专业新特色方向建设
——“数字景观营造”本科教学体系建构…………… 包瑞清 刘 晖(268)
- 基于“数字链”的景观小品生成设计探索
——以宜兴莲花荡桥亭生成设计为例…………… 李鸿渐 李 颺(275)
- 基于增强实境和虚拟现实的地形设计沙盘系统研究…………… 蔡凌豪(280)
- 基于参数化仿生形态在景观小品设计应用研究…………… 孙思策 杨冬辉(291)

地理设计方法与运用 Methods and Applications of Geodesign

- Geodesign: Developments, Trends & Needs …………… Michael Flaxman(297)
- A Methodological Study of Biotope Mapping in Urban Areas
——Take the example of Xuanwu District, Nanjing City, China
…………… LU Xi, WANG Xiaojun(313)
- 慢行系统规划选线研究
——以佛山绿岛湖慢行系统规划设计为例…………… 王一婧 宗成灿(324)

基于 GIS 技术的风景区用地适宜性评价及规划设计研究

——以湖南长鹿国际旅游度假区为例 郑 炘 刘 哲 王 羽(332)

Community, Science, and Design: Using Dynamic Spatial Simulation Models in a Three-Facet

Approach to Geodesign Brian Deal, Yexuan Gu, Haozhi Pan(341)

Geodesign: An Approach for Sustainable Upgrading of Poor Urban Areas

..... Rosario C. Giusti de Perez(356)

风景园林信息模型应用

——以平潭玉井公园一期工程方案设计为例

..... 郭 湧 Andreas Luka 闫少宁 李加忠 郑 越 刘芳菲 胡子威 杨洁琼(370)

以哈尔滨平房公园为例的可读倾向性地图绘制方法研究 符兴源 王雪娜 姜 珊 邹铁安(384)

三维技术在古典园林假山勘测中的应用

——以乾隆花园为例 谢麟冬 李加忠 刘 昶 吕亚飞(391)

Green Infrastructure: A Foundation for Geodesign Ryan Perkl(402)

Designing Geodesign

——The power and responsibility of a toolmaker Joe Liao(403)

相反相成:基于数字技术的城市道路海绵系统实践

——以南京天保街生态路为例

成玉宁 谢明坤

摘要 本文聚焦城市道路水环境早涝问题及其产生机制,探讨了系统解决城市道路水环境问题的策略及设计途径,提出基于多目标优化的城市道路海绵系统构建及绩效量化研究方法,结合南京天保街生态路系统实践,以及三年来基于物联传感技术获取的监测数据,从地表径流控制、雨水利用、生境优化、经济效益等四个方面进行综合定量分析研究。实践证明本系统运行稳定、综合绩效优异,海绵城市建设大有可为。

关键词 风景园林;城市道路;海绵系统;海绵绩效;数字技术

1 旱涝问题凸显的城市道路水环境

城市化过程中下垫面的改变带来了水环境的变化。道路作为城市建成区下垫面的重要组成部分(《城市道路交通规划设计规范》中规定200万人口以上大城市城市道路占城市建设用地比例宜为15%~20%),由于其高不透水性,产、汇流速度快,常成为城市内涝发生高风险区,严重影响市民生活与安全。国内外暴雨洪灾中,城市道路往往首当其冲成为最危险的地段,如在2012年北京7·21特大暴雨中造成77人死亡,其中就有11人在道路上溺亡。以往,为应对城市道路内涝,主要依靠城市市政排水管网为主的灰色基础设施,处理路面径流采取快速集中、快速排放的方式,即通过道路横坡将地表径流引导汇入道路两侧雨水口,然后再通过雨水口排入市政雨水管网。传统雨水“快排”方式不仅存在建设成本高、雨水资源被大量浪费等局限性,且极大增加了城市排水压力。

另一方面,由于不透水下垫面的阻隔以及传统排水设计模式,城市道路雨水资源被迅速集中于管网排出,相对于城市其他区域,城市道路绿地缺水问题显得尤为突出。为确保城市道路绿地植物的正常生长,每年需消耗大量淡水资源。以南京市为例,2015年南京市建成区面积为713 km²,道路占建成区比例约为15%~17%,即

106~121 km²,而其中城市道路绿地约占道路用地的30%(依据《城市道路绿化规划与设计规范》),即32~36 km²,以每平方米绿地每年绿化灌溉用水2 t计算,除去自然降雨量,每年南京市仅城市道路绿化灌溉用水就需3 200万t,城市道路绿化灌溉的用水量的居高不下,给城市用水带来极大压力。

积涝与极度缺水,已然成为城市道路水环境的基本特征,导致城市道路成为旱涝频发的重灾区。城市道路旱涝两极化矛盾已逐渐成为制约城市可持续发展的重要因素。

2 城市道路旱涝问题应对策略

面对旱涝问题凸显的城市道路水环境,不应强调单一地以解决洪涝或雨水利用为导向,应统筹兼顾系统解决城市道路水环境矛盾,相反相成,从对立统一中寻求解决城市道路问题的根本出路,其主要设计策略如下。

2.1 系统优化

针对城市道路内涝及绿化缺水问题,应根据城市道路形式及结构特点,在保证城市道路交通安全前提下,提倡构建符合城市特定气候地理环境的“收水—用水”一体化雨水管理体系,将地表径流削减与雨水积存利用充分有机结合,形成一套行之有效的雨水路面收集处理、集中分配、传输净化、缓释灌溉等功能的雨水系统,使城市道路内

涝及绿化缺水问题得到有效解决,实现城市道路雨水—景观—生态多设计目标的耦合。

2.2 因地制宜

因同地理区位的城市存在显著差异,对于城市道路海绵系统设计来说,降雨量、土壤性质、地形及周边水系等是确定海绵系统的前提,同时管理模式、审美习惯等因素也需兼顾。以目前国内在城市道路绿地应用较多的下凹式绿地技术为例,其具有补充地下水、调节径流、滞洪以及削减径流污染物等功能,但同时也存在受地下水位影响大、易汇集路面垃圾、绿化绿量较少、土壤基质难以更换等局限。因此,在高水位非冻土地区如何构建城市道路海绵系统,必须因地制宜。

2.3 自然做功

海绵系统设计不应将问题复杂化,以低成本投入和低技术集成实现系统功能的高效化,让自然做功是海绵系统设计的重要策略。城市道路内涝问题的突出一定程度是由于传统排水设计过于注重径流集中处理、使矛盾集中化造成,而采用源头分散、化整为零的设计思路,往往能达到事半功倍的效果,不仅部分缓解了城市道路排水压力,同时也解决了城市道路绿化带干旱缺水的问题,恢复了城市的自然水文循环过程。而“自然存积、自然渗透、自然净化”的三个“自然”原则,充分体现了“让自然做功”的原理,具有深刻的生态科学意义。

2.4 数字技术

本系统建构与研究全过程基于数字技术,首先运用 GIS 与 SWMM 软件对城市道路竖向及水环境进行综合分析;通过定量研究,科学设计路面、雨水传输与存储系统;结合传感器、物联网、雨量计等自动化监测装置实时传输系统工况;编写专用计算机程序以及移动 APP,通过智能终端设备实时监测系统运行。以定量研究成果支持城市道路水环境分析评价、海绵系统规模与设计、海绵设施确定及绩效评估等,提高了海绵城市建设的客观性、科学性和精准性。数字技术的应用对于海绵城市建设具有重要意义。

3 城市道路海绵系统构建

天保街生态路系统试验段位于南京河西新

城南,为新建城市次干道,道路标段横断面宽 45 m,双向四车道,中分绿化带宽 5~8 m,下部满铺综合管廊,覆土深度 4.0 m,侧分绿化带宽 2 m。西起扬子江大道,东至恒河路,全长近 600 m。

系统以解决城市道路旱涝问题为目标,统筹改善城市道路水环境。根据南京地区地理气候基础数据,运用 GIS 与 SWMM 分析竖向、确定海绵设施规模、模拟设计前后道路水环境状况(图 1)。结合海绵绩效监测平台对建成后道路地表径流控制、雨水收集利用、生境优化等绩效进行监测。基于国家海绵城市设计相关规范要求,在满足国家海绵城市地表径流控制率等指标基础上,本工程针对机动车道、非机动车道、人行道分别采取不同设计策略:透水路面、集水边沟、自然渗透蓄水模块等系统技术,旨在构建完整的城市道路雨水管理系统,实现场地地表径流控制、雨水收集及资源化利用、生境优化等多重目标,系统解决城市道路旱涝问题。本系统不仅在中等规模降雨条件下具有完整调蓄作用,即使在暴雨、大暴雨等灾害天气下,也能发挥较好削峰及减灾作用。

南京天保街生态路具有以下 4 个基本特征:①将路面的排水、集水和绿化灌溉用水有机结合,构建了一套适用于江南高水位、无冻土地区的城市道路海绵系统;②系统具有低成本、免维护、无能耗、易实施推广的特点,通过缓释与渗透技术,实现了对道路绿化自动灌溉;③基于物联网及传感器技术构建海绵绩效监测平台,实现对系统海绵绩效的全天候实时定量监测;④改善道路中侧分带立地条件,优化生境,促进了植物生长,降低了道路绿地的管护费用 30%~40%。

南京天保街生态路系统由路面雨水渗透系统、雨水收集分配系统、雨水储存利用系统及海绵绩效监测系统等四部分组成(图 2~6)。

3.1 路面雨水渗透系统

传统城市道路路面主要采用雨水口点式集中排水方式,当降雨量较大时,地表径流若无法及时汇入雨水口并顺利排出,则易于在路面形成积水,影响车辆及行人交通安全,且在低洼地段极易形成内涝。南京天保街生态路系统由传统点式收集排水改成面式渗透,极大地提升了路面排水效率。机动车道为保证道路重载车辆行车安全,路面雨水渗透系统采用面层 40 mm 透水沥青,透水

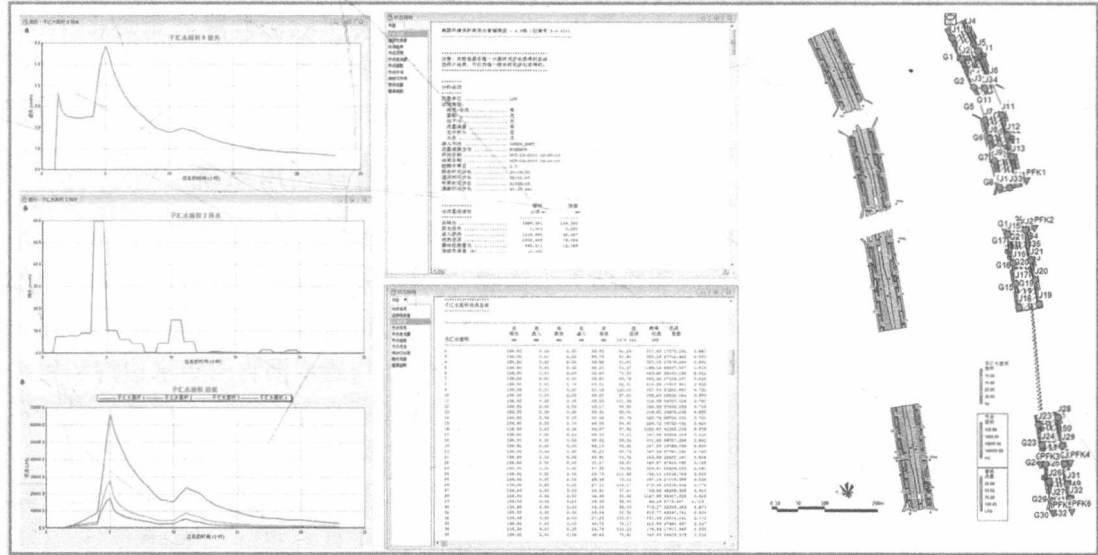


图 1 天保街生态路设计前期分析及 SWMM 数值模拟

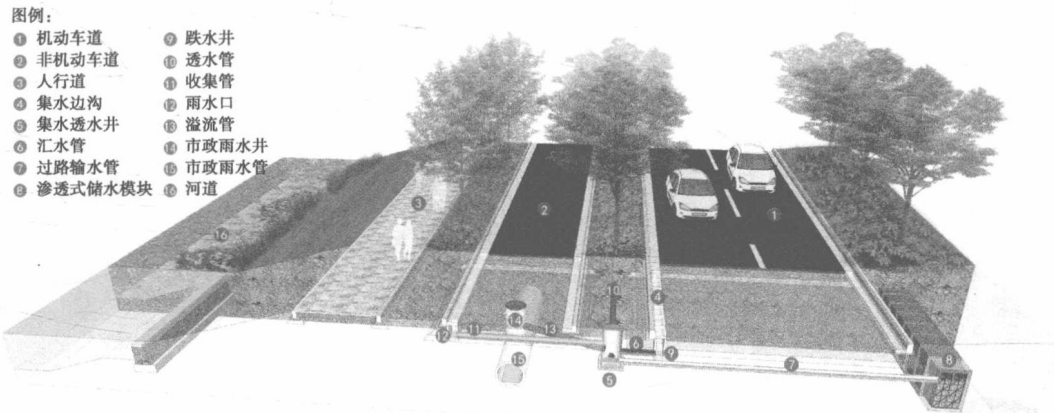


图 2 天保街生态路系统构成

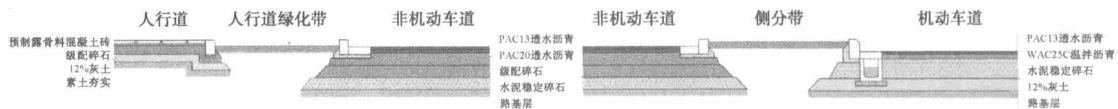


图3 天保街生态路机动车、非机动车道路面雨水渗透系统做法

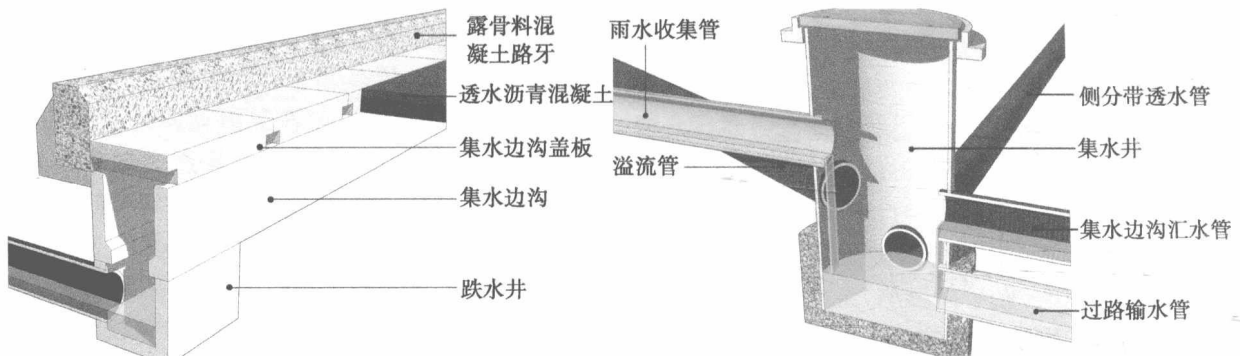


图4 天保街生态路雨水收集分配系统图示

沥青面层下为普通沥青层和水稳层,与普通沥青道路做法一致,确保道路强度及承载能力(图3)。当雨水渗入面层透水沥青后,在道路横坡的作用下向边沟流动,经过特殊设计的边沟盖板相互拼接后,在侧面形成过水槽口,雨水可通过该槽口进入边沟(图4)。机动车道的整个排水和收水过程均在路面层内完成,不会形成地表积水与径流。非机动车道采用道路面层、基层全透水方式,雨水降落非机动车道后可直接渗透土壤;人行道为保证行人交通舒适,采用面层不透水、基层透水的做法,雨水通过面层露骨料混凝土铺装自然拼缝渗透到垫层及土壤中。

3.2 雨水收集分配系统

雨水收集分配系统由机动车两侧集水边沟及集水井构成,以实现雨水的高效收集及有序调节(图4)。机动车道集水边沟内每隔20~30m设跌水井,再通过汇水管将初步沉淀的雨水导入集水井中。集水井设置在侧分带内,是雨水收集、分配的枢纽,井深约1.3m,上层为进水管,包括连接集水边沟的汇水管和收集非机动车道下渗水的收集管;底层为出水管,包括预埋在侧分带土壤中的渗透管和向中分带储水模块输水的过路管;中间是与市政排水管网相接的溢流管。集水井收集到的雨水首先分配给渗透管和储水模块,当雨量较大时,储水模块注满,集水井水位上升,可由溢流管将过量雨水排出。(过去三年间仅有1d存在外溢记录,即

2015年6月27日,当日降雨量达247.4mm)另外,集水井底部打有数个直径10mm的小孔,使一部分收集的雨水直接渗透至土层。

3.3 雨水储存利用系统

南京天保街生态路雨水存储空间由以下部分构成:道路中分带储水模块、两侧集水边沟、集水井、雨水管道以及路面40mm透水沥青。当场降雨量较少时,透水沥青及集水边沟和集水井可将雨水收集消纳,当雨量较大时则通过过路输水管将雨水传输到埋设在中分带内的储水模块进行存储。储水模块采用PP材料,即聚丙烯,是一种半结晶的热塑性塑料,具有较高的耐冲击性,机械性质强韧,抗多种有机溶剂和酸碱腐蚀。储水模块外侧包裹有滤水土工布和碎石层,可将储存的雨水缓释至周围土壤,满足中分带植被对水分的需求(图5)。

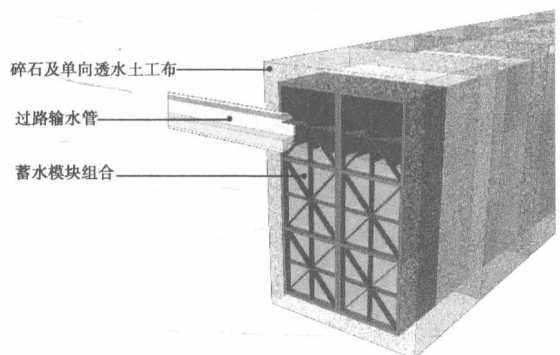


图5 天保街生态路中分带蓄水模块图示

另外,预埋在侧分带内的渗透管,外部也用土工布和碎石层包裹,可使部分雨水渗透至侧分带土壤中,同样起到灌溉植被的作用。本生态路系统试验段采用的储水模块分段排列成条状,埋设在中分带内,每段长度约 30 m,覆土深度 0.9~1.0 m,横截面为 1.3 m×0.8 m。

3.4 海绵绩效监测系统

(1) 海绵绩效监测系统架构

南京天保街生态路绩效监测系统由数据采集存储、数据远程传输及绩效监测平台终端三部分组成(图 6、7)。基于物联网及传感器技术,绩效监测系统可实现对生态路海绵绩效 24 h 实时监测,设计及管理人員可通过电脑、手机 APP 客户端实时掌握区域降雨量、雨水收集量、中侧分带土壤含水量等雨水管理绩效数据。同时,在天保街生态路周边未采用雨水生态系统路段设立绩效监测对照组,对照组采用与生态路相同土壤含水量设备和参数,对其绩效进行实测验证。通过与对比段监测数据的比较,能够客观反映试验段生态路系统对土壤水分变化的影响。

(2) 海绵绩效监测平台

海绵绩效监测平台是由东南大学数字景观实验室(江苏省城乡与景观数字技术工程中心)开发,

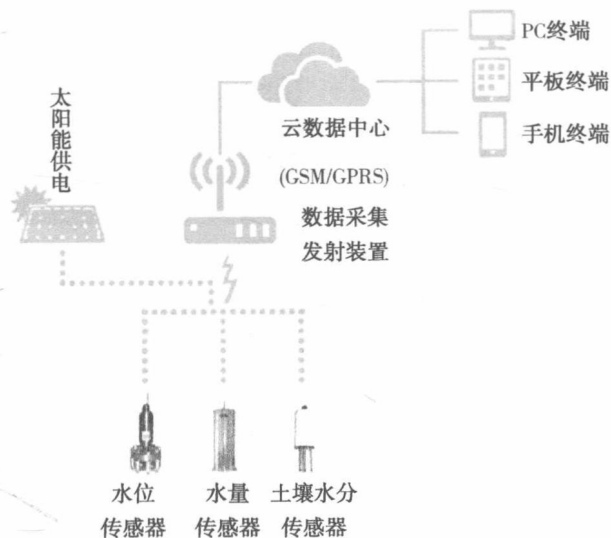


图 6 生态路海绵绩效监测系统构成

用于海绵城市系统绩效评价及展示的客户端工具。监测平台基于海绵系统绩效数据集及 B/S(Browser/Server, 浏览器/服务器模式)架构构建,可对海绵项目绩效进行实时监测、评价分析及可视化展示,由移动 APP 和电脑 Web 在线客户端构成。移动 APP 包括地图监测、数据可视化、数据查询、数据分析、报警管理及评价分析等 9 个工具模块,Web 在线客户端则具有更强大的数据管理、分析及智能控制功能(图 8)。

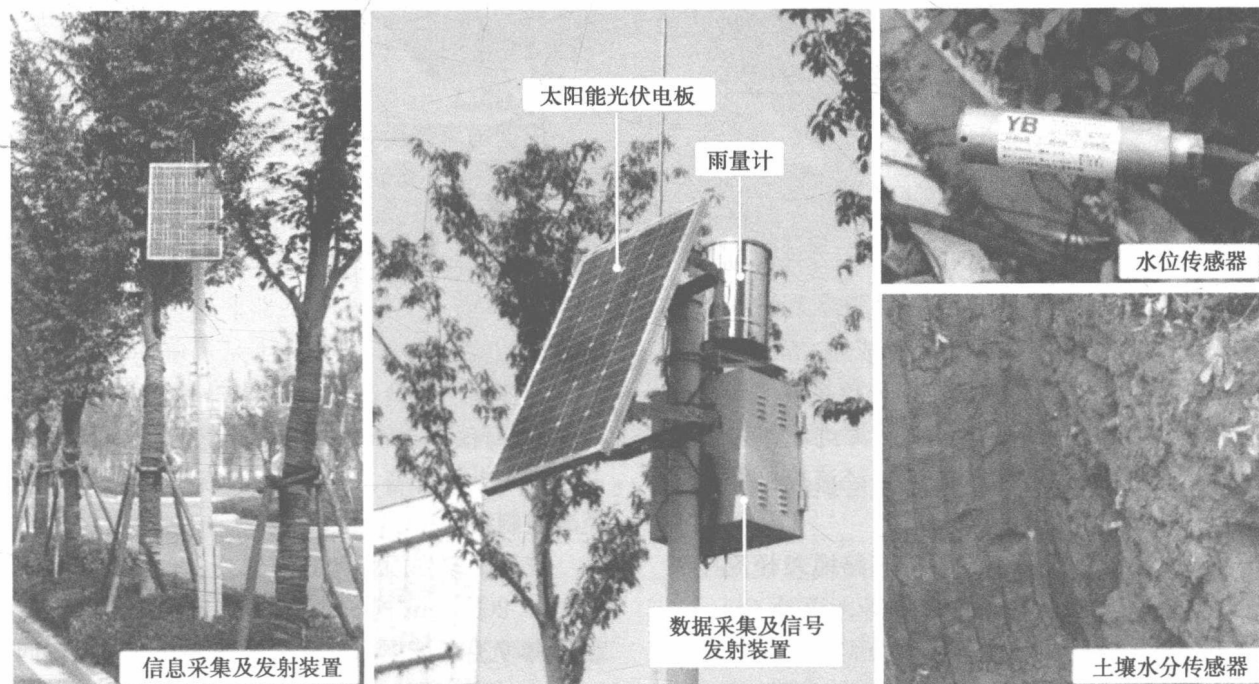


图 7 生态路海绵绩效监测系统现场照片

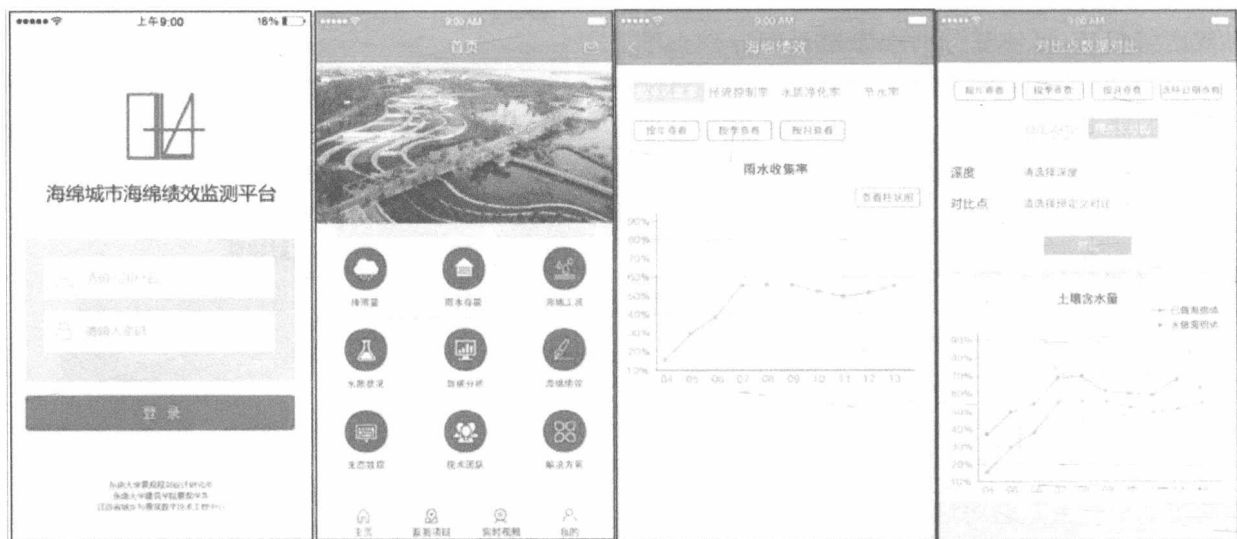


图8 海绵绩效监测平台移动APP客户端界面

4 南京天保街生态路海绵绩效实证研究

2013年11月,南京天保街生态路海绵系统试验段的建设与道路施工同时展开,并于2014年7月建成运行。2014年11月生态监测系统开始收集数据,除去设备调试及一次人为损坏导致3个月时间无法收集数据,其余均运行正常。截至2017年7月17日,共收集有效传感器数据142805条。

4.1 地表径流控制绩效

基于南京天保街生态路海绵绩效监测平台两个完整自然年(2015年1月至12月及2016年7月至2017年7月)24h日降雨量、蓄水模块水位变化数据统计,结果显示,当天保街设计区域24h降雨量 ≤ 116.6 mm时,生态路海绵系统能够实现100%就地消纳降雨,不生成地表径流。当24h降雨量 > 116.6 mm,结合灰色系统可以迅速将过量雨水排出。(附:住建部《海绵城市建设技术指南》规定南京地区85%地表径流控制率对应设计降雨量为36.6mm。)

(1) 小到大雨量情况下生态路地表径流控制绩效

依据国家降雨强度等级划分,当24h日降雨量小于10mm时,降雨强度等级为小雨;当24h日降雨量为10~24.9mm时,降雨强度等级为中

雨;24h日降雨量为25~49.9mm时,降雨强度等级为大雨。基于南京天保街生态路海绵绩效监测平台数据分析,当降雨强度为小雨时,南京天保街生态路多孔路面透水沥青及集水边沟基本能将雨水就地消纳,蓄水模块不产生水位上升;当降雨强度为中雨时,蓄水模块水位上升量平均为0.1m;当降雨强度等级为大雨时,蓄水模块上升水位平均为0.2~0.3m。在小到大雨降雨强度等级下,生态路能够实现降雨的全部就地消纳,地表径流控制率达100%。

(2) 暴雨及大暴雨下生态路地表径流控制绩效

依据国家降雨强度等级划分,当24h累积降雨量为50~99.9mm时为暴雨降雨强度,当24h累积降雨量为100~199.9mm时,为大暴雨降雨强度。基于南京天保街生态路海绵绩效监测平台数据分析,南京天保街生态路能够实现暴雨强度降雨的就地消纳,当出现大暴雨降雨情况也能较好发挥径流峰值消减效果,使道路内不积水、不内涝,同时极大减轻城市排水系统压力。

(3) 特大暴雨、极端天气状况下生态路地表径流控制绩效

依据国家降雨强度等级划分,当24h日降雨量大于200mm时,即为特大暴雨降雨强度。2016年7月7日凌晨,南京突发特大暴雨,河西地区3h累计降雨量达到235.5mm,1h最大降雨量达到129.2mm,这是南京有气象记录以来

最大小时雨量。河西地区多条城市道路因遭遇强降雨而严重积水导致交通中断,城市道路内涝灾害严重。天保街生态路试验段相邻江东南路、邺城路等城市道路路面均出现不同程度积水。7月7日 13:45 及 14:00 笔者于周边道路及生态路现

场观测,生态路路面并无积水现象(图 9、10)。实践证明,南京天保街生态路在应对特大暴雨等极端灾害性天气下,也能发挥较好的地表径流控制效益,路面雨水能在短时间内排空,使路面不积水、不内涝。

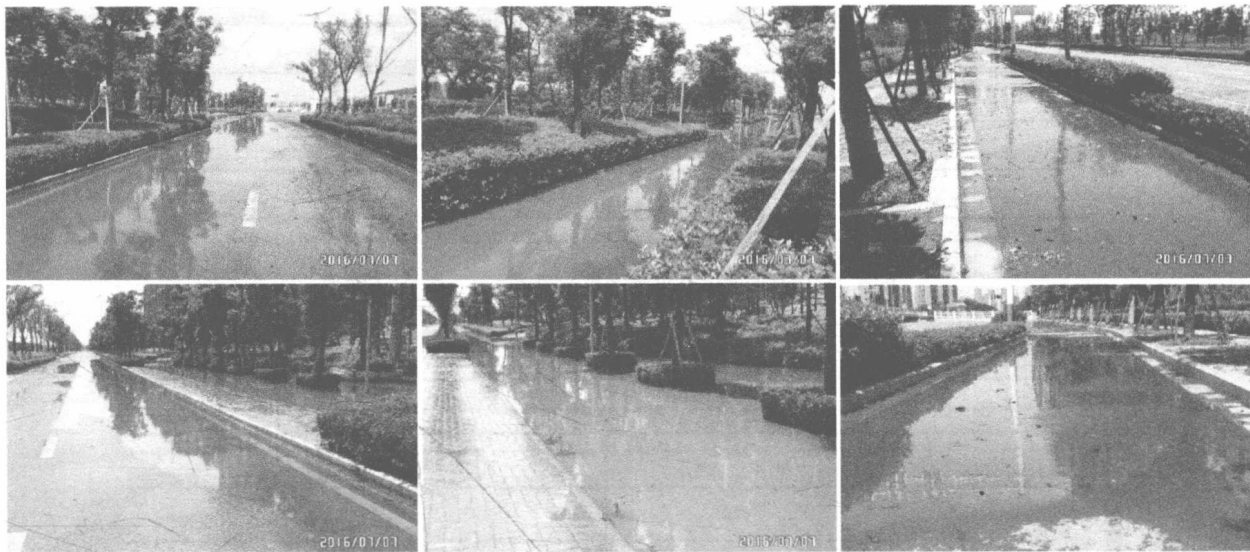


图 9 2016 年 7 月 7 日雨后 5 h 天保街周边城市道路路面状况

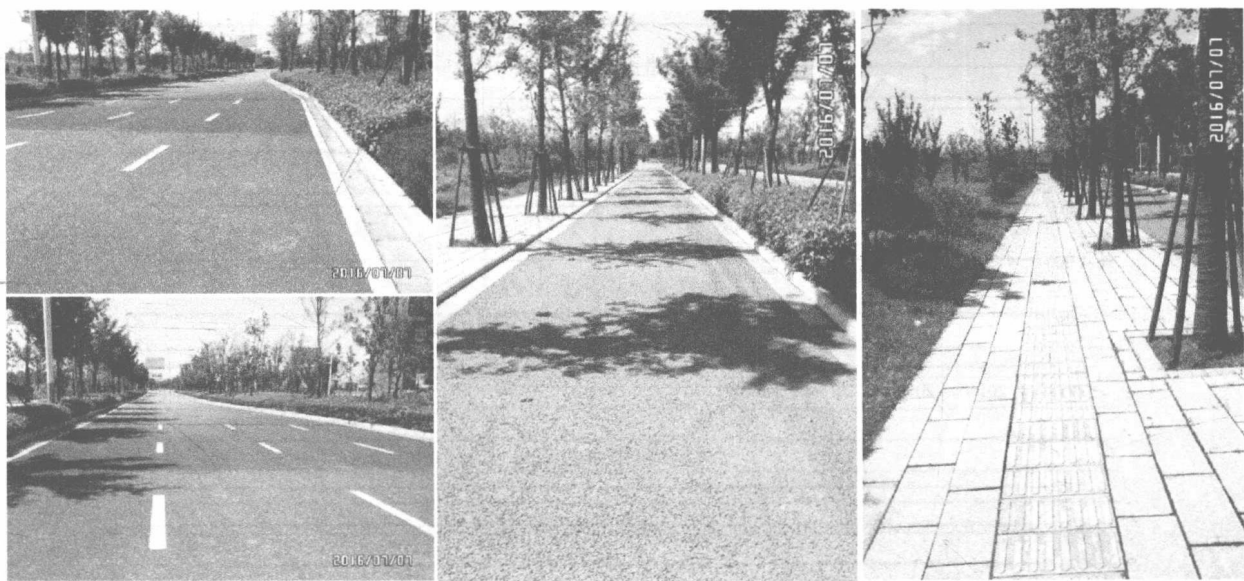


图 10 2016 年 7 月 7 日雨后 5 h 同时段天保街生态路路面状况

4.2 雨水收集及资源化利用绩效

基于南京天保街生态路建设至今三年的定量监测数据,生态路系统示范段(长约 600 m)机动车道年均收集利用雨水 4 836 m³,年均雨水资源

利用率为 46%。

(1) 年雨水收集及资源化利用量

2015 年 1 月至 12 月,南京天保街生态路区域总降雨量 1 312.2 mm,路面范围内年总水量 11 808 m³,海绵设施年雨水收集量 4 807 m³,年

雨水收集及资源化利用率 41%(图 11)。2016 年 7 月至 2017 年 7 月南京天保街生态路区域总降雨量 1 052 mm,路面范围内年总水量 9 468 m³,海

绵设施年雨水收集量 4 865 m³,年雨水收集及资源化利用率为 51%(图 12)。

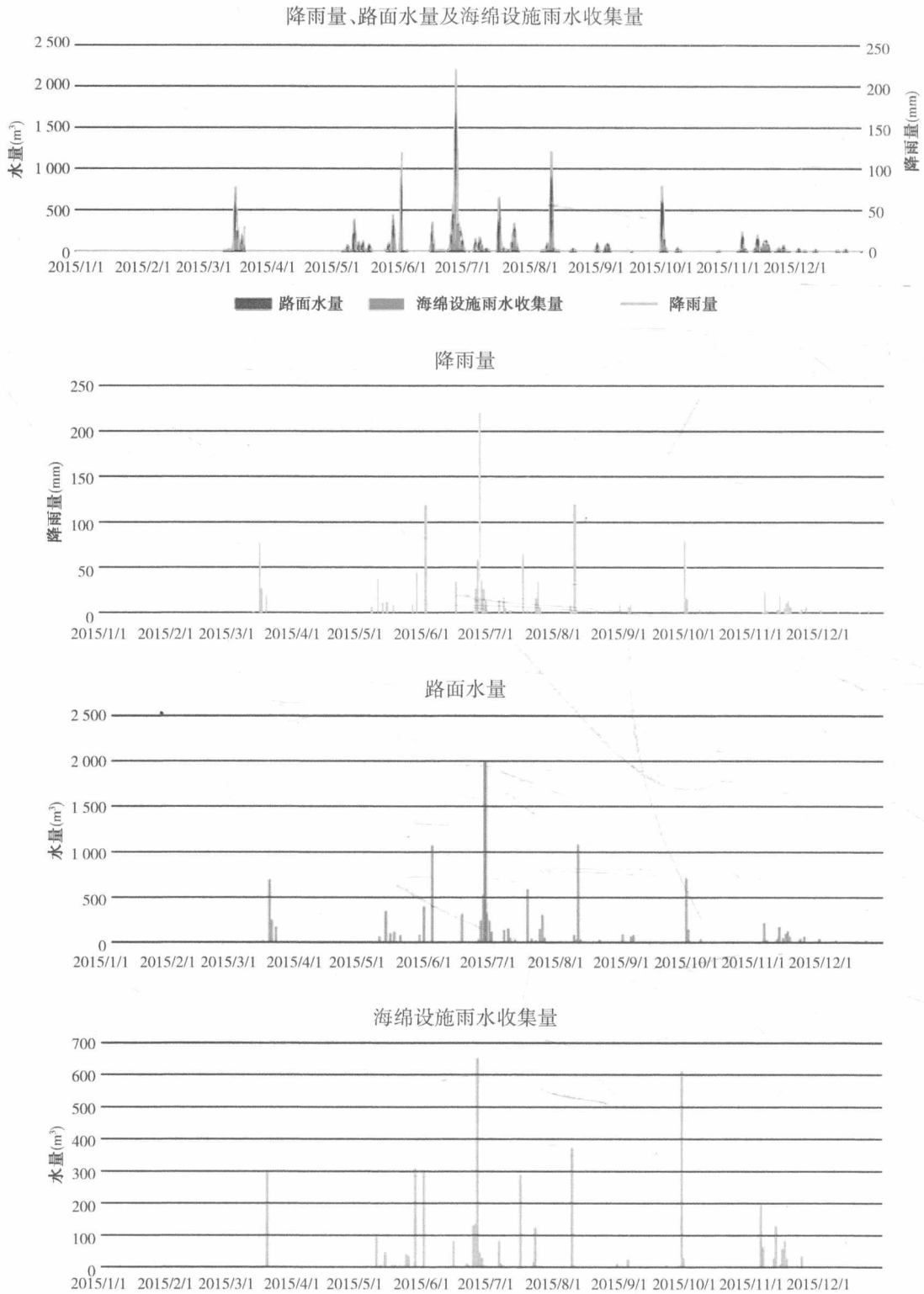


图 11 2015 年 1 月至 12 月南京天保街生态路降雨量、路面水量及海绵设施雨水收集量

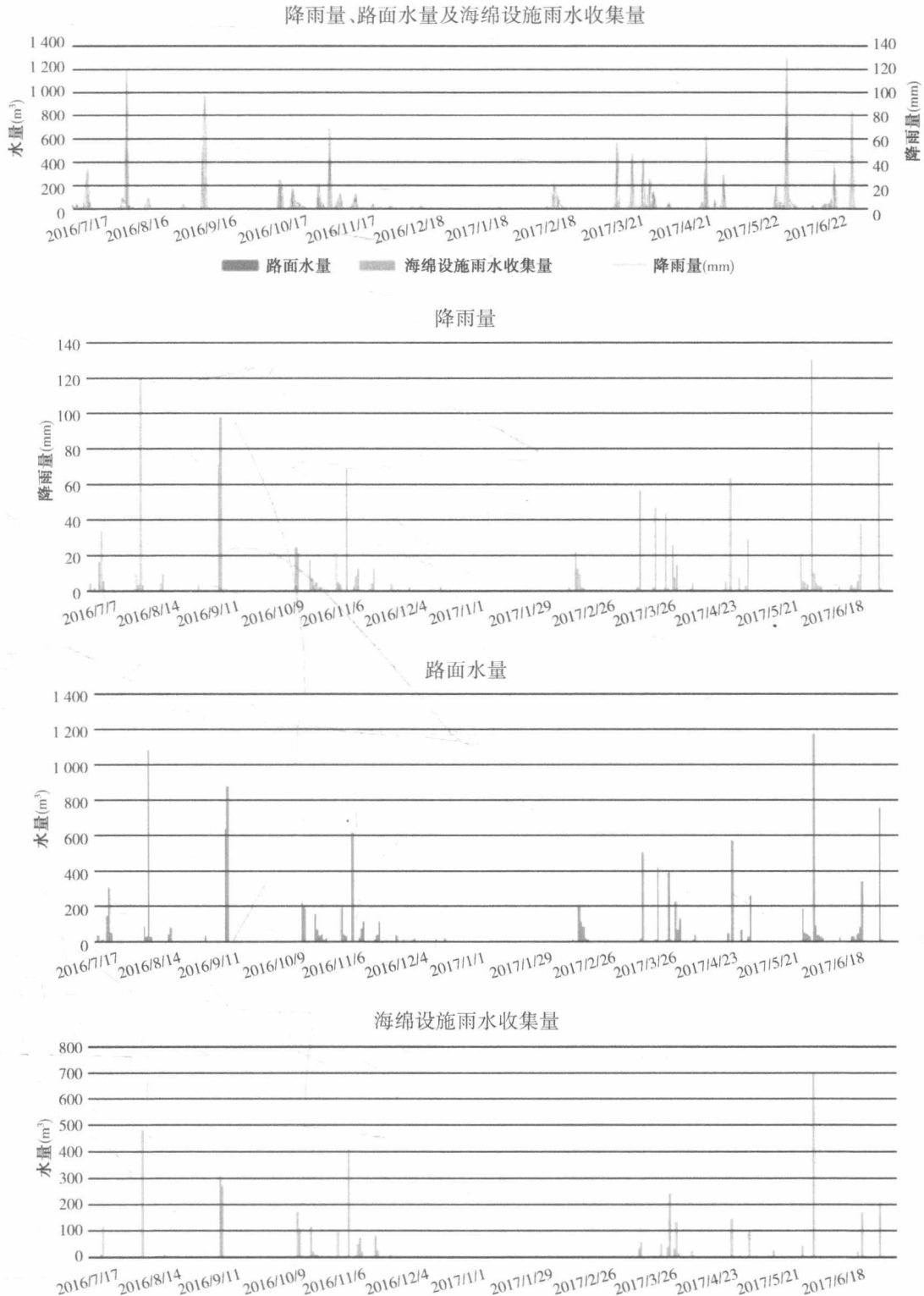


图 12 2016 年 6 月至 2017 年 6 月南京天保街生态路降雨量、路面水量及海绵设施雨水收集量

(2) 雨水资源化利用供需分析

南京天保街生态路试验段中分带绿地面积 3 384.8 m², 年灌溉需用水约 6 768 t (2 t/m² · a), 以南京市年平均降雨量 1 047 mm 计算, 除去降雨

灌溉外, 每年仍需 3 224 m³ 灌溉用水, 生态路海绵系统试验段 600 m 海绵模块年均吸收水量约为 4 334 m³, 基本可满足试验段中侧分带绿化灌溉用水需要(图 13)。