

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.08.022

# 基于问题导向和环境提升的老旧小区海绵化改造

孙茵<sup>1</sup>, 彭世瑾<sup>1</sup>, 王莉芸<sup>1</sup>, 何志明<sup>1</sup>, 宁运芳<sup>2</sup>, 肖湘鹏<sup>2</sup>, 石军乐<sup>3</sup>

(1. 深圳市建筑科学研究院股份有限公司, 广东 深圳 518049; 2. 深圳市天健水环境工程  
科技有限公司, 广东 深圳 518049; 3. 深圳市天健<集团>股份有限公司, 广东 深圳  
518049)

**摘要:** 从海绵城市问题导向和景观环境全面提升的角度,对深圳已使用 20 多年的居住建筑小区——天健花园进行海绵化改造。在解决小区局部积水、地下室顶板渗漏等痛点问题的同时,改变场地径流组织,重塑景观格局,将海绵城市技术融入景观方案,通过三区立体海绵设施布局,赋予庭院雨水自然积存、滞、蓄、净化功能,形成丰富的雨趣文化。通过薄型下凹绿地和轻质透水铺装等技术创新,解决地下室顶板荷载限制下海绵设施设置问题。对雨水总排口的长期监测表明,改造后海绵城市年径流总量控制率从约 17% 提升至大于 65%,是老旧小区宜居改造和海绵城市达标改造的一次成功探索。

**关键词:** 老旧小区; 改造; 海绵城市; 景观提升; 监测

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)08-0125-05

## Sponge City Renovation for an Old Residential Quarter Based on Problem Orientation and Landscape Environment Improvement

SUN Yin<sup>1</sup>, PENG Shi-jin<sup>1</sup>, WANG Li-yun<sup>1</sup>, HE Zhi-ming<sup>1</sup>, NING Yun-fang<sup>2</sup>,  
XIAO Xiang-peng<sup>2</sup>, SHI Jun-le<sup>3</sup>

(1. Shenzhen Institute of Building Research Co. Ltd., Shenzhen 518049, China; 2. Shenzhen Tianjian Water Environment Technology Co. Ltd., Shenzhen 518049, China; 3. Shenzhen Tianjian <Group> Co. Ltd., Shenzhen 518049, China)

**Abstract:** Tianjian Garden, a 20-year-old residential quarter in Shenzhen has been renovated into a sponge residential area from the perspective of problem orientation and overall improvement of landscape environment. While solving the problems of ponding in the courtyard and basement roof leakage, the courtyard had been endowed with functions of natural storage, stagnation and purification of stormwater to create more fun by a three-dimensional sponge layout including change of site runoff routine, reshape of landscape pattern, and integration of sponge city technology with landscape. Innovative technologies like thin sunken green land and light permeable pavement have been used to solve the problem of setting sponge facilities under the load limit of basement roof. After long-term monitoring of the main stormwater outlet, the local total annual runoff control rate has been raised from about 17% to above 65%, which is a successful exploration of livable and sponge reconstruction in old residential quarters.

**Key words:** old residential quarters; renovation; sponge city; landscape enhancement;

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC0702903)

monitoring

既有居住建筑小区的改造,技术难度和协调阻力大,得以实施的海绵化改造多以消除内涝点为目标<sup>[1]</sup>,以小规模单项工程开展,整体景观难以提升,民众满意度普遍不高。从海绵城市问题导向和景观环境提升的角度对老旧小区进行改造,可为新形势下老旧小区改造提供海绵翻新的技术路径。

## 1 项目概况

### 1.1 工程概况

天健花园位于深圳市福田区香梅路东侧景田北六街,占地 16 555.2 m<sup>2</sup>,由 17 栋住宅及一座会所组成,容积率 2.0,建筑高度 30.5 m,于 1998 年整体竣工。2018 年 9 月 16 日,受台风“山竹”影响,天健花园庭院景观遭到损毁。2019 年 9 月—12 月实施小区海绵化改造和景观提升工程,2019 年 12 月竣工。

### 1.2 现状问题分析

通过现场踏勘、多渠道开展物业及民众需求调研<sup>[2]</sup>,并通过物探、结构安全鉴定等专项分析,将天健花园现状问题分为三级:

第一级为长期困扰居民的痛点问题,是显性问题。主要有:①小区健身沙池附近存在约 100 m<sup>2</sup> 积涝区,逢雨必涝,严重影响通行。②小区半地下车库顶板大面积渗漏。③小区硬质场地瓷砖局部脱落,铺装形式不美观,居民希望整体翻新。

第二级为隐性问题。包括:①雨水口排水能力不足,中小雨时路面湿滑,雨天出行体验欠佳。②原有小区主景观——喷泉已停用多年。③藤蔓架锈蚀,存在倒塌风险。④整体景观面貌老旧,“山竹”台风造成的景观损毁亟待修复。⑤室外无遮雨等功

能设施。

第三级为海绵功能优化提升的现状问题。改造前小区铺装全硬化,雨水管理为快排模式,屋面和场地雨水就近直排入管网系统;小区的综合径流系数偏高,为 0.62;通过典型降雨的实际监测数据,折算出改造前场地年径流总量控制率约为 17%,控雨能力低。

### 1.3 改造难点

改造范围包含半地下室顶板上方的室外场地区域,原覆土及构造层不足 400 mm,且地下室顶板多处存在裂缝及渗漏等情况。经过检测机构的结构安全鉴定,地下室顶板满足海绵化改造的基本条件,但需控制改造后结构承载力覆土限值 $\leq 4.0 \text{ kN/m}^2$ ,活荷载(包含地被植物、廊架及正常上人屋面活荷载)限值 $\leq 3.0 \text{ kN/m}^2$ 。而常规地下室顶板上敷设透水铺装等海绵设施,顶板覆土厚度不小于 600 mm(《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》),远超本项目结构安全限值。

## 2 改造目标

本次改造以居民的“获得感”为出发点,分三个层级进行(见表 1)。首先解决影响小区居民生活的显性问题;在此基础上,结合改造范围尽可能满足小区居民对于景观环境的提升需求,完善功能,解决第二层级的隐性问题;第三,在改造过程中,通过海绵功能植入实现海绵城市优化目标:依据《深圳市海绵城市规划要点和审查细则(2019 年修订版)》要求,本项目年径流总量控制率应达到 62%,面源污染削减率应不低于 50%。

表 1 小区诊断问题分级与改造目标

Tab. 1 Classification of diagnosed problems and renovation objectives

改造优先级	问题分类	问题描述	改造目标
第一级	显性问题	地下车库渗漏、内涝点、铺装老旧等	①消除小区全部内涝点;②解决车库顶板渗漏问题;③翻新铺装
第二级	隐性问题	景观面貌老旧、出行不便、缺少室外休憩场所、中央活动空间局促等	①提升舒适性:路网通达,增加室外休憩,出行舒适;②景观提升:开阔场地,增加雨趣,景观翻新;③增加活动空间
第三级	功能优化	年径流总量控制率 17%	年径流总量控制率 62%,面源污染削减率 50%

## 3 改造方案及亮点

### 3.1 因地制宜,立体布局海绵设施

天健花园改造前下垫面可分 4 个立体区域:①建筑屋面区,占用地面积的 46%。除 3 栋塔楼屋面

为平屋面外,其余为坡屋面,且局部已出现渗漏,屋顶改造将带来较大安全隐患。②半地下室上方室外空间,占 17%。虽存在改造难度,却是居民室外活动的主要区域,为了保证海绵化和景观体验的完整

性,同步改造。③中央庭院为实土区,占 24%。改造前积涝点在院内实土低洼区,拟通过多样化海绵设施消除内涝点。④外庭院占 23%,为实土区,适宜改造。除建筑屋面外,其他三区进行改造,最终确定改造面积约 10 000 m<sup>2</sup>,占小区总用地面积的 60%,形成半地下室上方“薄型海绵设施区”、中央花园“深度海绵体验区”、外围“野趣海绵体验区”的三区立体海绵格局。改造后海绵设施分布见图 1。

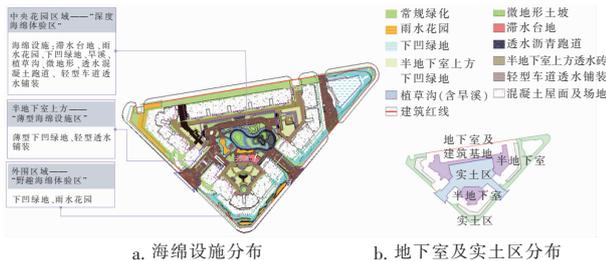


图 1 海绵设施分布

Fig. 1 Distribution of the sponge facilities

中央花园区作为海绵深度体验区,设置有雨水花园、下凹绿地、旱溪等多样化海绵设施,其中原积涝区所处场地为中央花园的地势低点(见图 2),结合场地竖向改造成为雨水花园,并配以景观凉亭。

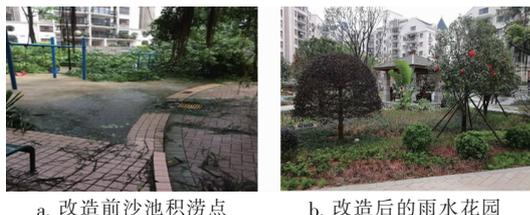


图 2 原积涝点改造前、后实景对比

Fig. 2 Image of waterlogging point in the courtyard before and after renovation

### 3.2 设置浅排系统,改变径流路径

在不改变小区雨水主干管的条件下,将源头雨水径流重新组织:①屋面雨水选取 3 处立管断接示范点改造,其余仍保留原雨水路径。②利用屋面、半地下室与场地高差汇集雨水,形成“叠瀑”和“乐泉”雨水景观小品。③通过由旱溪、植被草沟及表面径流形成的浅排系统,将雨水引入海绵设施,部分未能流入海绵设施的场地雨水,通过生态雨水口净化。场地雨水顺应地势从东北向西南汇流,最终通过两个现状雨水总排口接至市政管网,总排口处分别设置多普勒流量监测仪和雨量计进行长期监测。经过改造,下垫面约 10 430 m<sup>2</sup> 场地雨水经过海绵设施后排放,占小区占地面积的 63%。各海绵设施规模

与子汇水分区相匹配。海绵设施控制的汇流面积及场地径流组织见图 3,三级汇水分区汇总见表 2。



图 3 海绵设施汇水分区及场地径流组织

Fig. 3 Catchment and runoff organization

表 2 海绵设施对应三级汇水分区汇总

Tab. 2 Summary of three-level catchment areas corresponding to sponge facilities m<sup>2</sup>

位置	三级汇水分区编号	汇流设施	汇流面积
半地下室上方	1、1'	叠瀑	650
	2、2'	乐泉	650
	3	高位花坛	200
	4、5	半地下室透水铺装及碎石沟等	1 450
场地	6	植草沟、雨水花园	1 200
	7	透水铺装、生态雨水口	800
	8	旱溪、雨水花园	700
	9、10、11	外围海绵设施	4 780

### 3.3 地下室上方海绵技术创新

根据结构鉴定专家建议,为了控制结构恒载不超 4.0 kN/m<sup>2</sup>,地下室上方设置薄型下凹绿地和轻型透水铺装,最终地下室上方完成厚度不大于 300 mm。透水铺装构造层采用轻质材料,包括加强型薄型透水砖面层、泡沫混凝土、挤塑板等材料。薄型下凹绿地适当减少覆土厚度,以多孔纤维棉等轻质材料解决营养和水土保持等问题。整个铺装和绿化带下方设置排蓄水板,保证下渗雨水及时排除。薄型下凹绿地和轻型透水铺装的构造做法见图 4、5。

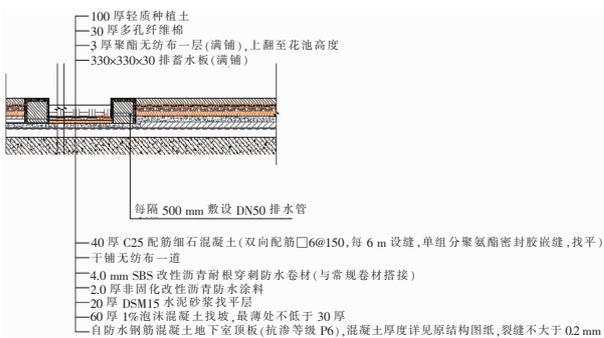


图 4 薄型下凹绿地构造示意

Fig. 4 Sketch of thin sunken green land structure

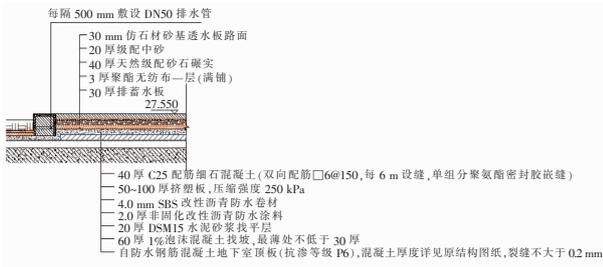


图5 轻型透水铺装构造大样

Fig.5 Structure detail drawing of light permeable pavement

### 3.4 多种透水铺装结合,确保舒适出行体验

地下室顶板上方薄型海绵技术的创新设计,实现了全小区人行范围透水铺装全覆盖,连同园区内轻型车道透水铺装、透水混凝土跑道、外围人车流消防车道半透水铺装,保障雨天出行舒适度(见图6)。

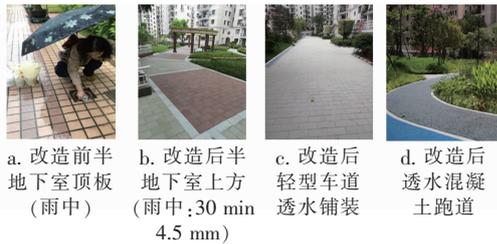


图6 硬质场地透水改造前、后实景对照

Fig.6 Image comparison before and after permeable reconstruction of hard site

### 3.5 海绵与景观融合方案

① 通过海绵设施改变中央花园的景观格局、开放绿化、提升空间效率

中央花园改造前、后对比如图7所示。



图7 中央花园改造前、后对比

Fig.7 Image comparison of central courtyard before and after renovation

改造前中央庭院由于半地下室和绿化带的分隔,除了园路贯穿外,无其他活动空间,庭院略感局促。此次将原来停用废弃水景改造为滞水台地,连通标高 27.30 m 的半地下室上方场地和标高 25.80 m 中央花园场地,增加了景观的完整性。同时,用植草沟代替灌木分隔带,打开被包围的绿化区域,并利用场地下凹挖出的弃土堆砌微地形草坡,使居民可以沉浸式接触自然。

② 增加雨趣文化,显化雨水路径

a. 通过对个别外立面安装的雨水立管进行断接,连同半地下室上方场地雨水收集,经过碎石沟净化后引流至雨水景观小品“叠瀑”和“乐泉”,通过地势高差,形成晴雨不同的趣味景观。平时为石景,下雨时雨水涌出形成叠瀑和喷泉,流向戏水区供孩童戏耍,并在 24 h 内下渗或排空。雨水小品见图8。



图8 改造后雨水小品景观节点

Fig.8 Landscape sketch of rainwater after renovation

b. 场地遍布植草沟、雨水花园等海绵设施,时隐时现的雨水汇流痕迹,与自然界雨水不确定性相呼应。

③ 合并其他景观改造需求

力求通过一次改造,解决多个问题。根据小区需求调研,结合海绵设施增加了室外休闲凉亭、廊架等便民设施,同时保留居民称为“发财树”的大叶榕、原有罗马柱等体现小区人文历史的节点。

## 4 改造效果

经过改造,小区径流系数由改造前的 0.62 降为 0.49。经过容积法复核计算的年径流总量控制率可达 65%,面源污染削减率达 55%,满足深圳市相关政策要求。

截至 2019 年 6 月 10 日,根据采集到的两个雨水总排口典型降雨和出流量实测数据,折算年径流总量控制率略大于 65%。由于全年监测尚未完成,最终年径流总量控制率评定以全年监测数据为准。

该项目竣工以来,场地从未发生积涝,雨后的清爽出行体验和景观提升得到业主的一致好评。

## 5 投资

该海绵城市改造和景观提升工程施工投资约535.59万元,其中地下车库顶板防水工程约135.60万元,其他海绵化改造和景观提升工程399.99万元。仅海绵化改造和景观提升工程施工(不含防水工程)总投资单价约363.63元/m<sup>2</sup>,与常规景观设计相比,几乎不带来增量成本。施工投资分项工程费用如表3所示。

表3 深圳市天健花园海绵化改造景观提升工程施工费明细

Tab.3 Details of construction cost of sponge city renovation for Shenzhen Tianjian Garden 万元

项目	改造内容	投资金额
园林景观提升	凉亭、廊架、绿植	140.50
海绵化改造	下凹绿地、雨水花园、透水铺装、乐泉、叠瀑、滞水台地	221.49
地库顶板防水工程	地库顶板拆除、防水重做	135.60
其他	垃圾点、儿童乐园	38.00
合计		535.59

## 6 结语

① 既有居住建筑小区海绵化改造的优先顺序应以居民的获得感为出发点,一次改造解决多个问题。首先解决影响小区居民生活的显性痛点问题,如本次改造的地下车库渗漏、积水点消除等。在此基础上结合改造范围尽可能满足小区居民对于景观环境的提升需求,使小区功能更加完善,如室外缺乏荫蔽设施、道路通达性、出行便利性等。改造过程中植入海绵手法,解决第三层级的问题,实现海绵城市目标。

② 在结构荷载限制条件下对地下室顶板进行海绵化改造是本项目的改造难点之一。通过薄型下凹绿地和轻型透水铺装的技术创新,解决了这一难题,实现了室外场地人行范围透水铺装全覆盖和整体环境的翻新。

③ 在场地现有竖向条件下,通过浅层排水系统改变径流组织,使63%的场地雨水经过海绵设施后排放;因地制宜创新设计,既通过滞水台地消纳地势高差,又利用地势优势制造“叠瀑”“乐泉”景观;

通过旱溪、雨水花园、下凹绿地、碎石沟等丰富的海绵设施,打造三区立体海绵格局,完成海绵与景观的巧妙融合。

④ 通过监测手段评估海绵改造效果。通过改造前后的典型降雨分析,改造前场地的年径流总量控制率约为17%,改造后通过已测得的典型降雨反推年径流总量控制率略大于65%,控雨效果显著,后续将继续完成全年观测后进行综合评价。

⑤ 本次海绵化改造的建设投资,除去地库顶板防水重新敷设的特殊改造,仅海绵化和景观功能提升改造投资约363.63元/m<sup>2</sup>,与常规景观设计相比,几乎不带来增量成本。

## 参考文献:

- [1] 黄开,赵赛,赵荣,等. 基于系统化的老旧小区海绵化改造工程精细化设计案例[J]. 中国给水排水,2020,36(8):69-76.  
HUANG Kai, ZHAO Sai, ZHAO Rong, et al. Refined design cases of sponge reconstruction project in old residential communities based on systematization [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(8): 69-76 (in Chinese).
- [2] 孙茵,石军乐,彭世瑾,等. 既有居住建筑小区海绵化改造潜力评价体系研究[J]. 工程质量,2019,37(12):59-63.  
SUN Yin, SHI Junle, PENG Shijin, et al. Potential evaluation system of sponge city reconstruction of existing residential district [J]. Construction Quality, 2019, 37(12):59-63 (in Chinese).

作者简介:孙茵(1982-),女,湖南祁东人,硕士,高级工程师,水安全与技术中心总工,主要从事海绵城市、绿色建筑相关水系统规划研究、咨询和工程实践等工作。

E-mail:35149017@qq.com

收稿日期:2020-11-09

修回日期:2020-12-29

(编辑:衣春敏)