

# 厦门翔安新城港汊流域 PPP 建设区海绵城市建设规划

杨一夫<sup>1</sup>, 杨森<sup>2</sup>, 关天胜<sup>1</sup>, 吴连丰<sup>1</sup>, 黄黛诗<sup>1</sup>, 徐婷<sup>2</sup>, 敖静<sup>2</sup>

(1. 厦门市城市规划设计研究院, 福建 厦门 361012; 2. 宜水环境科技<上海>有限公司, 上海 200040)

**摘要:** 介绍了厦门市翔安新城港汊流域 PPP 建设区海绵城市建设规划的思路和技术方法,通过系统分析与模拟评估,构建了“源头—中途—末端”三级海绵体系,规划确定了适宜的工程,为海绵城市 PPP 建设落地提供了好的基础。

**关键词:** 海绵城市; 建设规划; PPP; 模拟评估

**中图分类号:** TU99 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2017)10-0006-06

## Sponge City Construction Planning of Gangcha Basin in Xiang'an New District in Xiamen City

YANG Yi-fu<sup>1</sup>, YANG Sen<sup>2</sup>, GUAN Tian-sheng<sup>1</sup>, WU Lian-feng<sup>1</sup>, HUANG Dai-shi<sup>1</sup>, XU Ting<sup>2</sup>, AO Jing<sup>2</sup>

(1. Xiamen Urban Planning and Design Institute, Xiamen 361012, China; 2. Ewaters Environmental Science and Technology <Shanghai> Co. Ltd., Shanghai 200040, China)

**Abstract:** The thought thread and technical methods of sponge city construction planning of Gangcha basin were introduced, which located in Xiang'an new district in Xiamen City. Through comprehensive analysis and simulation assessment, three-stage sponge system including source—midway—terminate was determined. Then, the engineering and non-engineering measures were made to provide a good foundation for PPP construction mode.

**Key words:** sponge city; construction planning; PPP; simulation assessment

作为全国首批海绵城市建设试点城市之一,厦门市委市政府高度重视海绵城市建设工作,把海绵城市建设作为践行“生态文明、绿色发展、美丽厦门”战略规划的重要内容全力推进。为发挥财政资金的杠杆作用,鼓励社会资本投入海绵城市建设,厦门国家海绵城市建设试点区之一的翔安南部新城海绵城市建设采用 PPP 模式,引入优质的社会资本和技术,创新海绵城市项目建设和运营管理。

为更有效地支撑 PPP 建设工作落地,在前期编制的《厦门市海绵城市专项规划》、《翔安新城试点区域海绵城市建设实施方案与行动计划》等规划的基础上,厦门市城市规划设计研究院联合宜水环境科技(上海)有限公司共同编制完成了《厦门市翔安

新城试点区港汊流域 PPP 建设区海绵城市建设规划》,旨在通过系统梳理 PPP 建设区的海绵工程、科学地论证各海绵工程的指标与规模,匡算工程投资,推进 PPP 建设落地,保障试点建设实施效果。

### 1 区域概括

项目区域位于厦门翔安新城东部港汊流域,总面积为 7.76 km<sup>2</sup>,北至翔安南路,东靠翔安东路,南邻翔安西路,西近洪钟大道和翔安大道。现状建成区面积为 2.3 km<sup>2</sup>,其中城市建成区为 0.3 km<sup>2</sup>,村庄面积为 1.2 km<sup>2</sup>,市政道路为 0.8 km<sup>2</sup>,其余范围均为农田和水域。通过规划区的卫星遥感图、土地利用现状图及已建项目的海绵设施改造下垫面解析分析,规划区的现状综合径流系数约为 0.39。

规划区域属低山丘陵区,现状地形高程介于0.13~63.24 m之间,地势由北向南逐渐降低直至滨海,依次为丘陵、台地、冲积-海积小平原;东西两侧地势向中部低洼河道区域汇集。规划区属亚热带海洋性季风气候,秋冬季(10月—2月上旬)受来自大陆的干冷气流影响干燥少雨,春夏季(2月上旬—9月)受来自海洋的温暖潮湿气流影响潮湿多雨;多年平均降水量为1 259.2 mm,3月—6月(梅雨季)约占全年的39%;7月—10月(台风季)约占全年的50%;11月—翌年2月约占全年的11%。

区域用地规划保留现状村庄,沿港汊水系构建集行政、文化休闲、居住、商贸为一体的综合性社区,以生态景观贯穿联结,致力将规划区打造成为人、水、城和谐一体的生态型都市。

## 2 现状问题分析

现状问题梳理是规划的基础,以下将从水安全、水环境、水资源、水生态展开分析,具体如下。

① 水安全。规划区汛期暴雨频发,降雨强度大,易受潮位顶托,尤其在风暴潮期更为明显。现状水系较为凌乱,规模小,没有较为完整顺畅的水系,道路过水涵洞均有不同程度的淤积,部分村庄(如石厝)周围的河湖被填埋,排涝出路被阻隔。规划区约84%面积为未建区,开发建设后大量硬质下垫

面在暴雨期间带来大量的地表径流,加上上游丘陵汇水快,现状河道河床浅,源短流急,洪水骤涨骤落;下游地势平缓,沿海地势低洼,海水顶托较为严重,因而需要科学合理地建设区域防涝系统,减小内涝风险。

② 水环境。规划区内规划保留约15%面积的村庄,现状村庄污水收集设施不成系统,生活污水、畜禽和水产养殖等污水散排入河,河道水体为V类和劣V类水,主要超标污染物为总磷和总氮。

③ 水资源。规划区淡水资源匮乏,没有大型水库、河流等水源地。现状净水均来自区域外的翔安南水厂,没有备用水源。随着规划区的快速发展,人口规模和城市规模不断扩大,现有水资源愈发不足。

④ 水生态。规划区现状水系较为支离破碎,生态需水量缺乏,环境容量有限,生态系统脆弱。

随着规划区的开发建设速度加快,如何解决城市建设带来的水资源、水安全、水环境和水生态等问题,是规划区海绵城市建设的核心任务,这也直接关系到“创新、开放、人本、低碳”规划理念的最终落实。

## 3 规划总体思路

规划总体路线见图1。

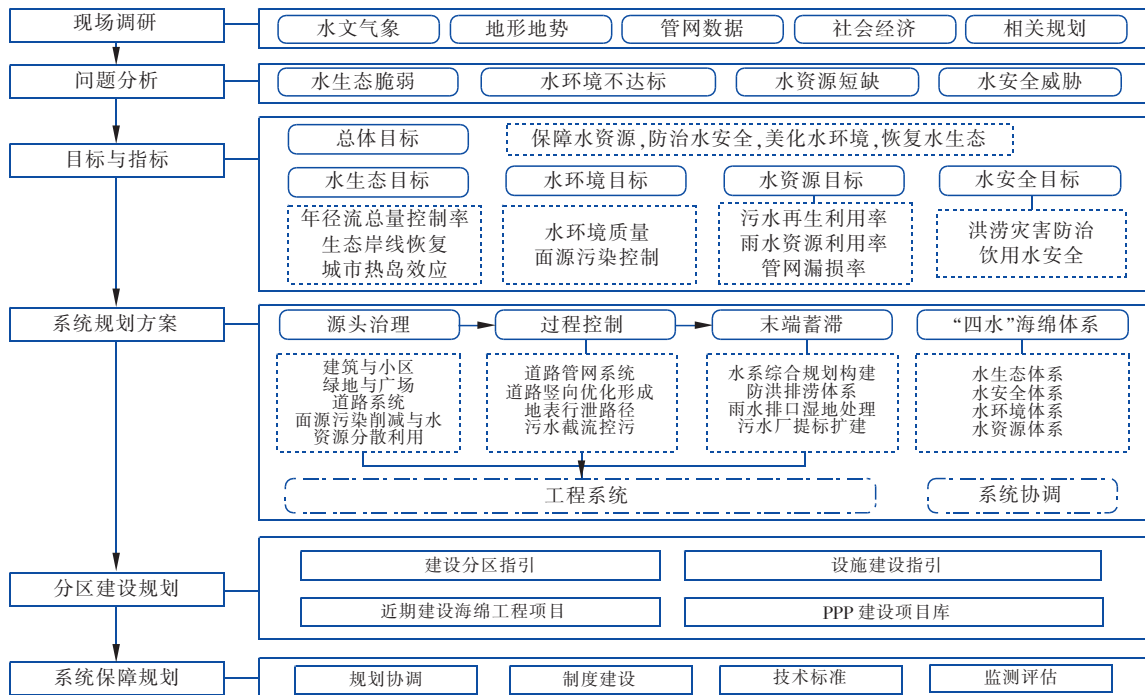


图1 规划路线

Fig. 1 Planning methodology

首先,对 PPP 建设区现状进行调研、收集和整理资料,包括地形地势、下垫面状况、气象水文、河网水系、雨污水管网、社会经济、城市总体规划、土地利用规划及其他相关上位规划等。在现状调研分析和资料梳理与整合的基础上,识别并确定 PPP 建设区在水生态、水环境、水资源、水安全等方面亟需海绵城市建设解决的核心问题,理清建设需求。以上述问题和需求为导向,确定海绵城市建设的目标和分类指标。

其次,分析空间条件和规划用地布局,从水生态、水安全、水环境和水资源等方面构建规划区海绵系统,结合源头治理、过程控制、末端蓄滞构建雨水径流控制体系、防洪排涝体系、河道水环境改善和生态修复体系,以及雨水资源利用和供水安全保障体系。

再次,对近期重点建设区域的工程进行重点分析,确定重点建设方向,结合 PPP 建设需求梳理骨干水系、公园绿地、道路和广场的海绵建设项目,明确项目建设任务及投资;针对非 PPP 模式建设的地块提出海绵建设的具体要求。

最后,为保证海绵城市建设效果,从规划系统协调、制度体系建设、技术标准以及监测考核等四方面构建海绵城市建设保障体系,以实现试点区海绵城市建设目标。

## 4 规划具体实施

### 4.1 规划指标

结合区域的实际情况,分别从水安全、水环境、水生态和水资源等方面确定了规划建设指标,具体如表 1 所示。

表 1 规划指标

Tab. 1 Planning indices

项 目		指标值
水生态	年径流总量控制率/%	75
	生态岸线建设率/%	80
水环境	水环境指标标准	Ⅳ类水
	面源污染控制率/%	45
水资源	雨水资源利用率/%	3
	管网漏损控制率/%	≤12
水安全	内涝防治标准/a	50
	防洪标准/a	50
	防潮标准/a	100
	内涝防治达标率/%	100

在规划区开发建设过程中,全面推广和应用海绵城市建设模式,加大城市径流雨水源头减排的刚

性约束,优先利用自然排水系统,建设生态排水设施<sup>[1]</sup>,充分发挥城市绿地、道路、水系等对雨水的吸纳、渗蓄和缓释作用,使城市开发建设后的水文特征接近开发前,有效缓解城市内涝、削减径流污染负荷、节约水资源、保护和改善城市生态环境。

### 4.2 水安全系统规划

#### ① 防潮规划

规划区各堤坝防潮按 100 年一遇标准进行工程规划。规划区域周边的潮位站为东坑潮位站(见表 2),设计潮位为 4.75 m,堤坝高程为 6.61 m,堤坝等级为 I 级。

表 2 东坑站不同重现期设计潮位

Tab. 2 Design tide levels of Dongkeng station at different frequencies

项 目	重现期/a						
	200	100	50	20	10	5	2
东坑站设计潮位/m	4.88	4.75	4.61	4.43	4.28	4.13	3.91

#### ② 排水系统与地表行泄路径规划

规划区雨水管网按照不小于 3 年一遇的重现期标准进行规划。雨水管网收集雨水径流汇入港汉水系宣泄入海。同时利用好丘陵地形特征,通过优化规划区内的道路控制标高构建地表行泄路径,使超出雨水管网排涝能力的雨水径流能够沿地表汇入河。

规划行泄路径见图 2。



图 2 规划行泄路径

Fig. 2 Planning stormwater over land flow path

#### ③ 港汉水系规划

规划区无外域客水汇入,规划水系应满足区域内排水防洪需求,同时考虑非汛期的景观和生态用水需求。规划构建了区域排水管网与河网耦合的水



文水动力模型,进行规划方案的模拟评估,实现满足 50 年一遇的 24 h 设计暴雨与 2 年一遇潮位峰对峰遭遇组合下的排涝安全。

规划区管网与河网耦合的模型概化图如图 3 所示。

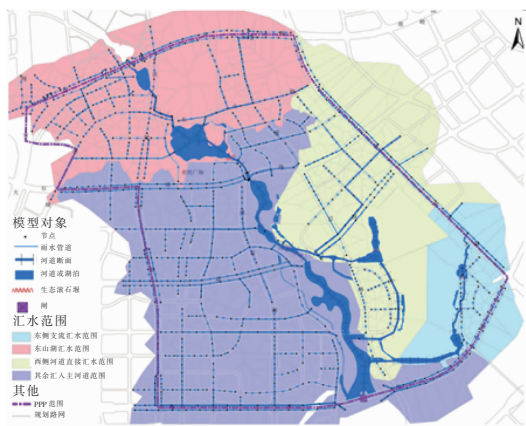


图 3 规划区管网与河网耦合的模型概化图

Fig. 3 Generalization of stormwater pipes and rivers coupling model

模型采用 24 h 历时 5 min 间隔设计雨型,评估短时高强度降雨对排水管网的影响,以及评估规划河道与湖泊的调蓄和排泄能力。降雨产流根据规划用地下垫面类型分别采用 Horton(透水下垫面)和 SCS(硬地下垫面)产流模拟。地表汇流模型采用 SWMM 非线性水库法,各集水区汇流坡度来自规划地形高程数据。

规划将港汉主河道分为四级功能区,分别为上游东山湖调蓄缓排净化段、消能曝氧段、中部滞蓄净排段、尾部滞蓄净排感潮段。

#### a. 上游东山湖调蓄缓排净化段

规划东山湖位于东山路南侧,市民广场北侧,上游汇水面积约  $2.53 \text{ km}^2$ ,规划水面约  $11 \times 10^4 \text{ m}^2$ 。规划二级湖底,高程分别为 9.0 m 和 7.5 m(现状小湖的底高程),常水位为 11.0 m,湖体周边地势高于 13.5 m。

利用模型模拟和优化三级复合堰来控制湖体泄流量,实现暴雨期的调蓄、缓排和错峰排水。在 2 年、10 年、50 年和 100 年一遇 24 h 设计降雨下模拟的东山湖最高水位分别为 11.27、11.68、11.99 和 12.08 m,调蓄量分别达到  $3 \times 10^4$ 、 $7.5 \times 10^4$ 、 $11 \times 10^4$  和  $11.1 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,减轻了下流排涝压力,形成错峰排水。

在湖体周边区域规划潜流湿地,净化各排口入湖雨水径流和中水补水出流,提升湖体的水质和水环境。同时,规划建议湖体与周边景观融合建设,形成文化环廊和公众休闲空间。

#### b. 消能曝氧段

规划两段消能曝氧段,分别为东山湖的出口段,以及位于后村西支流分流后往南约 200 m 长的河段。这两段河底坡度较大,河底与河岸需进行消能防冲刷设计。河道跌水将增加水体的溶解氧,促进水体自净。

#### c. 中部和尾部滞蓄净排段

规划中部蓄净排段位于东山湖泄流消能曝氧段以下的约 600 m 河段,规划尾部蓄净排段位于挡潮闸之前约 1 300 m 长的河段。这两段河道面宽流缓,两岸湿地可有效净化水体水质。尾部蓄净排段易受潮位影响,规划 4 孔  $4 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$  挡潮闸来控制闸内外的水体流动和汛期排涝。由于存在咸淡水交互,该段植物选择和景观设计需考虑适宜的植物搭配。

规划河道、堰闸和湿地平面布置见图 4。

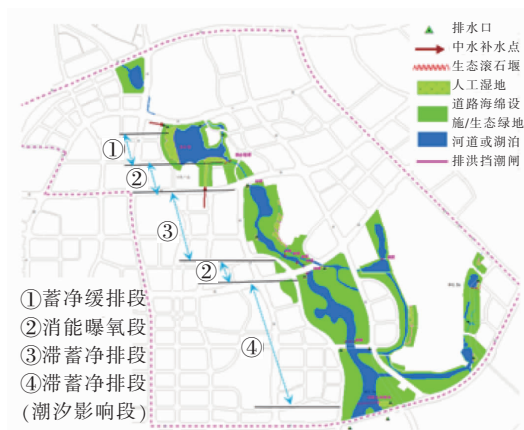


图 4 规划河道、堰闸和湿地平面布置

Fig. 4 Layout of planning rivers, weirs, gates and wetland

规划港汉主河道规模 and 不同频率外海潮位峰对峰组合遭遇下模拟的最高水位如表 3 所示,规划河道满足 50 年一遇的排涝安全。后村西侧支流将分流港汉主河道的行洪,是周边部分后村和浦边村及上游  $2.549 \text{ km}^2$  的排水容纳水体,规划多级湿地来净化后村和浦边村的入河面源污染径流。后村东侧支流是周边部分后村及上游  $0.926 \text{ km}^2$  的排水容纳水体,在村庄居住密集区域河道规划两级湿地净化入河面源污染径流。

表 3 规划主河道规模及不同频率外海潮位峰对峰组合下的水位

Tab. 3 Planning river and water levels at peak to peak combination under different frequencies

项 目		底宽/m	边坡	河底标高/m	左岸标高/m	右岸标高/m	2 年一遇最高水位/m	10 年一遇最高水位/m	50 年一遇最高水位/m
河道 距离/ m	0	266.5	1 : 3	1.00	6.00	6.80	3.716	4.273	5.064
	288	108.6	1 : 3	1.44	6.00	8.35	3.720	4.273	5.064
	602	47.5	1 : 3	1.79	6.45	8.99	3.724	4.273	5.064
	803	62.2	1 : 3	1.96	7.02	8.40	3.721	4.277	5.067
	930	63.6	1 : 3	2.06	7.70	8.78	3.72	4.277	5.067
	1 262	50.1	1 : 3	2.33	7.56	9.99	3.725	4.277	5.067
	1 470	22.6	1 : 3	3.05	8.56	9.48	3.731	4.291	5.078
	1 610	21.4	1 : 3	4.00	9.29	9.77	5.715	6.040	6.182
	1 894	55.0	1 : 3	4.29	10.60	10.98	5.718	6.048	6.190
	1 998	31.2	1 : 3	4.35	11.03	11.32	5.719	6.056	6.200
	2 186	24.6	1 : 3	4.48	11.98	12.15	5.900	6.300	6.500
	2 256	21.0	1 : 3	7.30	12.35	12.48	8.678	8.813	8.864
	2 358	13.0	1 : 3	7.99	12.90	12.97	8.677	8.813	8.866
	2 514	11.0	1 : 3	9.00	13.52	13.52	9.185	9.352	9.422
	2 650	11.0	1 : 3	7.50	13.52	13.52	11.270	11.680	11.990

4.3 水生态与环境提升

规划区的水生态与水环境提升通过控源减排、过程截污和末端港汊水系生态修复的方式展开。PPP 建设区规划采用雨污分流体制,将逐步控制和消除村庄污水散排入河的状况。

首先,在详细调研村庄区域的污水排放状况、污水量和污水设施情况的基础上,规划确定了村庄污水处理方式和工程规模(见表 4)。

表 4 规划区村庄污水处理建设规划

Tab. 4 Wastewater planning in rural area

项 目		处理工艺	处理规模/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ )	出水标准
浦边 社区	郭厝	纳入污水管网		
	山头	纳入污水管网		
	石厝	多级厌氧复合处理 + 人工湿地	180	一级 A
	浦边	多级厌氧复合处理 + 人工湿地	400	一级 A
后村	港尾	多级厌氧复合 处理 + 人工湿地	2 600	一级 A
	后村			
	汪厝			
	下家			
	竹浦		270	一级 A
	海头	纳入污水管网		

对近期有条件的村庄,将生活污水纳入管网系统,输送至污水处理厂统一处理;近期难于纳入污水管网系统的村庄污水,就地采用分散式污水处理设

施进行处理。

其次,通过源头削减措施,控制源头地块和道路的雨水径流污染,减少入河污染负荷。规划采用 XPDRAINAGE 低影响开发模拟软件,模拟建设区分别在设计降雨和年降雨下的区域本底产汇流特征,在此基础上划分了 7 个管控单元的年径流总量控制率并初步分解到各地块单元,经多次模拟调整后确定各地块的最终控制指标(见图 5),满足 75% 径流总量控制率(对应的日设计降雨量为 32.0 mm)指标。

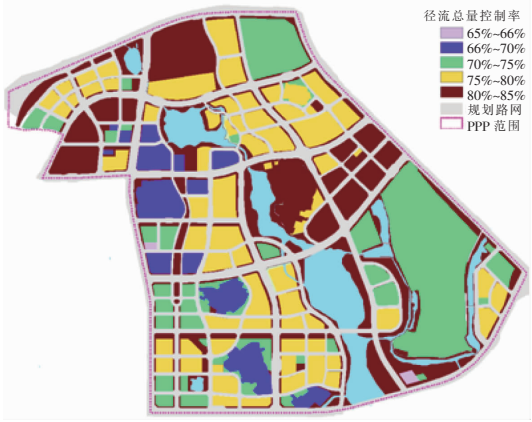


图 5 各地块规划年径流总量控制率指标

Fig. 5 Planning capture ratios of total annual runoff volume index for each block

模拟评估显示在各地块实现径流总量控制率后,在 1993 年(降雨天数和降雨总量最接近 10 年降

雨平均值)降雨下,可实现 45% 以上的污染物(COD 为代表)总量削减,如表 5 所示。

表 5 不同频率 24 h 设计降雨和 1993 年降雨污染物削减率

Tab. 5 Pollutant reduction ratios of 24 h design rainfall at different frequencies and daily rainfall in 1993

项 目	降雨量/mm	SS 削减率/%	COD 削减率/%
1 年一遇	124	45.3	44.6
2 年一遇	145	41.5	40.6
5 年一遇	177	36.7	32.6
1993 年降雨	1 179	58.9	46.2

再次,在 PPP 建设区规划雨水管网的入河口规划人工湿地,对入河雨水径流进一步净化处理。规划确定了 16 处共 24 000 m<sup>2</sup> 湿地,其中表流湿地 14 处,潜流湿地 2 处。建设区内 73 条改造、新建道路按照 75% 的年径流总量控制率为目标进行设计,灵活选用适宜的低影响开发设施及其组合,实现源头径流削减和净化,与景观有效融合。

最后,港汊水系全线规划采用生态岸线,在滨岸带充分建设低影响开发设施,结合考虑慢行道、游步道、休憩广场、亲水平台、水土保持、生态保育以及防汛安全等功能需求。水生植物种类优先选择土著种,慎用外来种,适当配置景观物种或归化种;优先选择耐污、净化力强和易养护管理的品种。河道断面在具体设计时,可在不影响断面行洪的前提下,形成深浅交替的浅滩和深潭,营造多种水流条件下的丰富生态环境。

#### 4.4 PPP 建设项目

规划区海绵建设内容包括市政道路、水系及岸线、公园绿地、村庄改造、公建设施、招拍挂地块共 6 种类型,其中市政道路、水系及岸线、公园绿地 3 种类型纳入 PPP 项目库中,涉及城市低影响开发、内涝防治、水环境改善三个方面,共计 103 个 PPP 项目,包括 23 个运营项目和 80 个新建项目,总投资估算 48.3 亿元。

#### 4.5 监测评估体系

构建监测评估体系一方面用来考核评估 PPP 项目建设后的运行成效,作为按效付费的重要依据;另一方面用来跟踪海绵项目的全生命周期运行情

况,通过长期监测数据的获取,可为分析和评估海绵城市建设目标的达成情况、经验总结和技术推广奠定基础;再一方面,可用于识别海绵设施运行的问题和风险,为及时处理处置提供支撑。本规划提出需在下一阶段系统研究编制 PPP 建设区海绵城市监测评估专项方案,实现典型海绵设施、典型项目、雨水管网入河口、港汊水系的水质和水量长期监测及效果评估。

#### 5 结语

本规划在现状系统分析的基础上,识别出规划区海绵建设的需求,以问题和需求为导向,确定海绵城市建设的目标与指标。在此基础上,通过模拟分析和评估,规划确定“源头—中途—末端”的三级海绵体系,包括:①水系、湿地和沿河绿廊构成的末端集调蓄、缓排、净化和景观于一体的骨干海绵体;②道路绿廊及生态排水系统形成中途传输和净化的中尺度海绵体;③各地块源头径流控制与污染削减的小海绵体,全面提升规划区的防洪排涝减灾能力和生态环境品质。

#### 参考文献:

- [1] 杨森,赵江. 镇江市官塘新城生态排水建设规划[J]. 中国给水排水,2013,29(17):101-104.



作者简介:杨一夫(1984—),男,黑龙江齐齐哈尔人,硕士,工程师,从事低影响开发及海绵城市规划研究工作。

E-mail:45098396@qq.com

收稿日期:2017-03-09