

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.06.003

# 流域尺度下城市海绵综合体探索:水环境综合治理工程

许贤芳

(厦门市城市规划设计研究院有限公司, 福建 厦门 361012)

**摘要:** 面对日益复杂化、综合化的城市涉水问题,构建城市海绵体系,打造城市海绵综合体为城市水问题的综合解决提供了新的思路。结合五缘湾流域水环境综合治理工程实践,以水环境综合治理为切入点,拓展海绵城市建设新思路,系统统筹流域范围内开展的管网溯源排查、污水工程建设、正本清源改造、排水防涝、源头海绵化改造、湿地公园建设以及排水管网“一张图”数字化管理系统建设等各类整治工作,探索构建流域尺度下“控源截污、海绵城市、排水防涝、长制久清”的城市海绵综合体建设模式和实施路径,实现流域综合整治、天然海绵体保护修复、生态景观营造、城市基础设施建设相互融合,以期为流域水环境综合治理和海绵城市建设的统筹协调工作提供参考。

**关键词:** 流域尺度; 城市海绵综合体; 水环境综合治理; 五缘湾流域

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2024)06-0013-05

## Exploration on Systematic Construction Pattern of Sponge City at the Watershed Scale: A Case of Water Environment Systematic Treatment in Wuyuan Bay Watershed

XU Xian-fang

(Xiamen Urban Planning & Design Institute Co. Ltd., Xiamen 361012, China)

**Abstract:** Confronted with the growing complexity and multifaceted nature of urban water-related problems, the construction of urban sponge city system, creating the systematic constructic pattern of sponge city may offer a novel perspective for the comprehensive solution to urban water issues. Taking the practice of water environment systematic treatment in Wuyuan Bay watershed as an example, this paper probes into the systematic construction pattern of sponge city. This model adopts the comprehensive management of the water environment as an entry point, to broaden the horizons of sponge city construction with new ideas. It employs system thinking to determine the pipeline network traceability investigation, sewage works, the original source of renovation, drainage and flood prevention, source sponge renovation, wetland parks construction, as well as development of a digital management system for the drainage network. The development mode and implement path of the systematic construction pattern of sponge city are explored with the concept of “source control and pollution interception, sponge city, drainage and flood prevention, long term governance” at the watershed scale. The aim is to achieve the integration of comprehensive remediation of watersheds, natural sponge protection and restoration, ecological landscape creation, urban infrastructure construction. This paper can provide a reference for the overall coordination of water environment systematic treatment and sponge city construction.

**Key words:** watershed scale; systematic construction pattern of sponge city; water environment systematic treatment; Wuyuan Bay watershed

随着城市化的快速发展,城市对天然水体和自然滞蓄空间的保护和预留不足,城市不透水区域面积不断增加,导致了城市洪涝风险加剧、径流污染负荷增加等突出问题,也给流域的水安全、水环境及水生态带来了严重影响。面对日益复杂化、综合化的城市涉水问题,构建城市海绵体系,打造城市海绵综合体为城市水问题的综合解决提供了新的思路<sup>[1]</sup>。海绵综合体的建设打破了以往海绵城市建设中规划管理单元与城市水文结构离散、治理要素与资源系统割裂、设计指标与实际成效脱节的发展瓶颈,以完整的流域空间作为治理对象,将流域综合整治、天然海绵体保护修复、生态景观营造、城市基础设施建设相互融合,是对区域生态系统、城乡建设品质提升的一次系统性实践。结合五缘湾流域水环境综合治理工程实践,以水环境综合治理为切入点,研究流域尺度下城市海绵综合体的理念目标、实施路径与实施机制,探索具有示范意义的城市海绵综合体建设模式。

## 1 城市海绵综合体建设新思路

### 1.1 以流域为单元,构建综合整治系统

流域既是水文学的重要自然地理单元,也是在自然过程与经济过程相互影响中形成的自然经济综合系统<sup>[2]</sup>。在流域范围内构建适宜的海绵城市综合体,应强化水系作为城市自然生态、历史人文和城市功能要素的复合载体作用,统筹蓝绿空间网络营建、城市基础设施建设、公共空间品质提升等多重设计目标,综合流域内水环境、水安全、水生态和水资源等多重要素,从关注水域本体向关注水陆联动转变,强化“源头减排、过程控制、系统治理”全流程调控,实现水陆统筹、水岸联动、蓝绿灰的有机融合<sup>[3]</sup>。

### 1.2 以机制为保障,激发流域治理活力

流域水环境综合治理工程涉及水利、规划、市政、园林和交通等多个部门,也涉及政府、公众、企业、社会组织等不同利益主体,还涉及前期的规划与方案、工程实施、后期的工程管护和监测监管等环节。要确保流域水环境整体治理的长期成效,实现水、岸、城协同治理的目标,创新工作机制是关键<sup>[4]</sup>。一是要建立共治、共建、共享的协同工作机制。既要加强不同部门的协调联动,也需要倡导引入社会力量的广泛参与和深度协作,形成多元主体

共治、共建、共享的工作合力。二是要建立常态化的后期维护管理机制。流域水环境综合治理工程是一个持续性的过程,需要做好治理前的调查评估,治理中的工程管理,以及治理后的监测监督、反馈调控、后期管护等。通过智慧平台的建设,包括平台设计、智能监测系统、智慧调度系统等,以及完善的实施保障管理制度,共同保障流域水环境的综合治理。

## 2 城市海绵综合体实施路径

流域尺度下的城市海绵综合体建设是一项长期性、系统性的综合工程<sup>[5]</sup>,五缘湾流域水环境综合治理工程重视时间和空间维度在水岸共治、生态修复和城市建设中的作用,基于流域内生态基础设施,以水环境综合治理为切入点,重点以海绵城市建设为抓手,结合流域范围内开展的管网溯源排查、污水工程建设、正本清源改造、排水防涝工作、源头海绵化改造、湿地公园建设以及排水管网“一张图”的数字化管理系统建设等各类整治工作,构建了集“控源截污、海绵城市、排水防涝、长制久清”为一体的水环境系统化治理工程体系。以水环境综合治理为主要导向的城市海绵综合体实施路径如图1所示。

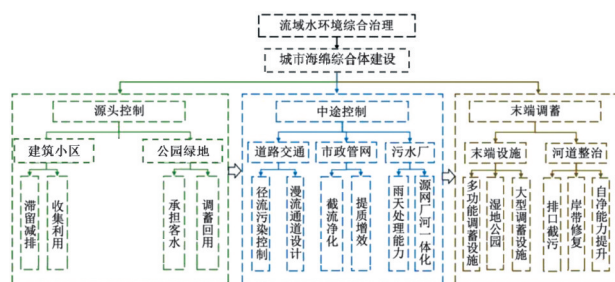


图1 城市海绵综合体实施路径

Fig.1 Implementation path of the systematic construction pattern of sponge city

### 2.1 流域概况

五缘湾流域位于厦门本岛东北部,流域面积共计21.6 km<sup>2</sup>,以现状建成区为主,现状土地利用以居住用地、水域、绿地与广场用地、工业用地、商业服务业设施用地和公共管理与公共服务设施用地为主。其中城中村建设用地占居住用地的42.6%,水域主要是五缘湾、湖边水库和湿地公园水体,面积共计2.57 km<sup>2</sup>。五缘湾流域影像及区位如图2所示。





图2 五缘湾流域影像及区位

Fig.2 Image and location of Wuyuan Bay watershed

## 2.2 控源截污

五缘湾片区排水管网的特点为中下游区域排水管道管径较大,近期混接的旱季污水极易沉积,远期面源污染也容易在小雨量的情境下产生累积现象。片区的初雨效应极不明显,单纯按照初雨的概念进行截流无法适应片区面源污染的特点。其次,由于内湾较为狭长,湾顶水体无法与外湾和外海的水体形成良好交换,一旦湾顶区域水质恶化,短时间内污染物不具备扩散稀释的可能,湾顶区域水动力条件极差。

因此,针对五缘湾流域的径流污染特点,采取降雨全过程截流的治理方案,从建筑与小区、市政雨水管道,一直到排洪沟、排水口,通过多种治理措施的综合发力来削减湾顶溢流次数,以达到保护五缘湾湾顶水环境的目标。

### 2.2.1 溯源排查及正本清源工程

五缘湾流域分为五缘湾北片区、五缘湾南片区、湖边水库片区及枋湖片区四个片区,分别推进排水管网溯源排查及雨污分流改造工作(见图3),主要涉及对片区内住宅、公建、工业等地块及市政道路的排水管网进行系统性完善、缺陷修复和雨污分流改造,以及对片区内的村庄、排水口进行截污整改。

目前,流域内已实现建成区排水管网溯源排查全覆盖,其中,五缘湾北片区新建及修复排水干支管23.45 km,共计完成54处源头小区排水单元管网的雨污分流和缺陷改造工作,从源头上进行雨污分流改造及管道缺陷修复。



图3 流域溯源排查和正本清源改造片区分布

Fig.3 Distribution of source traceability investigation and source control reformation area in Wuyuan Bay watershed

### 2.2.2 截污排水系统完善工程

基于“雨天溢流污染控制”,以溢流频次为控制目标,建立计算机模型,计算丰、平、枯水年份的溢流频次,论证截污排水系统完善方案(见图4)。根据现状已测雨水排放口资料和已建截流工程分析,在梳理排水体制分布和现状截流工程、雨污水管网、汇水分区的基础上,五缘湾流域内共建成10处截流阀门、3座污水泵站、4座截污泵站,完成1座污水处理厂的扩建提质工程,在建1座湾顶调蓄池,并逐步推进片区雨污分流,有效控制流域内雨天溢流污染,确保生产生活污水和30%初期雨水不入湾,有效保障五缘湾水环境质量。

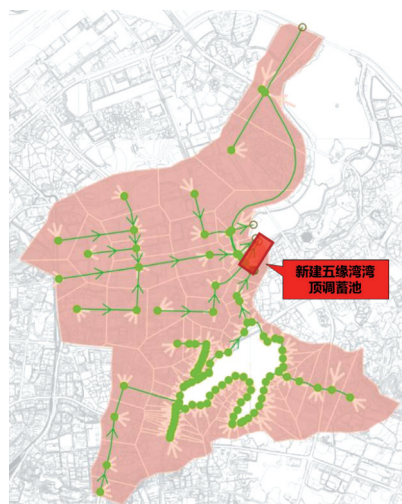


图4 五缘湾流域截污排水系统模型构建

Fig.4 Modeling of pollution interception systems in Wuyuan Bay watershed

## 2.3 内涝防治

### 2.3.1 排水防涝设施完善

加大流域内排水防涝设施新建、改建力度,推进内湾、排洪沟、排水管渠的清淤整治,逐步完善流域内排水防涝系统。为保障片区内防洪排涝的需求,开展了闸坝、护岸修复工程,共新建2座3孔液压顶升闸并加高加长低水位闸坝223.8 m,加固、修缮护岸约5 km;新建改造雨水管渠,使其设计标准提高到3年一遇以上;开展清淤工程,其中内湾清淤0.49 km<sup>2</sup>、清淤量40×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,排洪沟、雨水箱涵清淤长度13.7 km,有效提高了流域的排水能力。

### 2.3.2 易涝隐患点整治

系统整治流域内12个易涝隐患点,并通过加强监管排查、预置抢险力量和抽水装备,基本实现“中小雨不积水,大雨暴雨不发生严重内涝,特大暴雨城市运转基本正常,不造成重大财产损失和人员伤亡”的城市防涝目标。

## 2.4 海绵城市

五缘湾流域水环境综合治理以海绵城市作为重要抓手,统筹精细化的源头减排海绵设施与高品质的自然蓄滞空间,综合实现区域雨水径流自然蓄滞净化。

### 2.4.1 源头径流控制

自2015年厦门市开展海绵城市试点工作以来,五缘湾流域坚持“应做尽做、不留死角、因地制宜、科学规划”的原则,在建设项目中科学融入海绵城市理念,项目面积共计3.33 km<sup>2</sup>,涉及新、改、扩建项目。所有建设项目均遵循厦门市建设项目海绵城市全过程管控要求,将海绵城市建设要求纳入用地规划许可、工程规划许可、选址意见等阶段,开展海绵城市指标管控,并根据项目特点,通过设置下凹绿地、雨水花园、透水铺装、生态树池、绿化屋顶等低影响开发设施,从源头削减雨水径流量和径流污染。

### 2.4.2 雨洪公园建设

五缘湾流域的生态环境建设在保护和改善现有的海湾、湿地、耕地、果林、山体等多样化生态环境的基础上,创造了五缘湾大内湖独特的城市滨水空间形态,建立了城市空间与自然环境之间生态协调的关系。基于五缘湾流域的生态环境建设思路,五缘湾湿地公园遵循“以生态保护为重点、以修复为主、重建为辅”的理念,充分利用原有的通屿淡水

系及其周边绿化带,复原和扩张原有淡水和湿地的自然生态功能。

在湿地公园建设之前,原有的通屿淡水系水面基本为养鱼池塘。湿地水面面积约24 hm<sup>2</sup>,总体水面率约32%,水质全部超过了地表V类水标准;湿地公园建成后,蓄洪面积增加至39.70 hm<sup>2</sup>,水面率增加至47%。现状湿地公园淡水湖水域水质达到地表水V类标准。五缘湾湿地公园建设前后航拍图如图5所示。

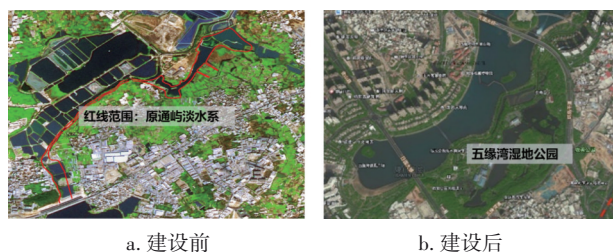


图5 海绵城市建设前后五缘湾湿地公园及其周边航拍图  
Fig.5 Aerial photos of Wuyuan Bay wetland park and its surrounding areas before and after the sponge city construction

五缘湾湿地公园汇水面积为137 hm<sup>2</sup>,综合片区防洪、湿地建设和水质保持的要求,湿地公园淡水湖水系通过不同水位的水面,实现了良好的调蓄功能。淡水湖水系正常蓄水位按2.0 m起蓄洪,最高蓄洪水位为2.95 m,蓄洪容积约26.3×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,在最大限度消纳公园自降水的同时,还能有效提高公园所在汇水区域的雨洪利用效率及防洪排涝能力。

## 2.5 长效机制

五缘湾流域水环境综合治理工程一方面依托全市排水管网“一张图”的数字化管理系统平台和排水管理进小区信息化建设,为管网改造、污水排放监管提供数据支撑,逐步实现流域内污水从源头收集到末端处理的全流程自动化和智慧化管控;另一方面以河(湖)长制为基础,创新水环境治理管理机制,构建部门联防联控平台+民间湖长平台,形成政府主导、部门联动和社会参与的常态化工作机制,将水环境综合治理与城市排水防涝建设、海绵城市建设、住宅小区建设和城市景观营造相结合,形成工作合力。

## 3 工程效果评价

五缘湾流域水环境综合治理工程实施后,五缘湾外湾、内湾及湖边水库等流域内主要水体内部污



染及早天入河污染基本消除,流域内雨天溢流污染得到有效控制,确保生产生活污水和30%初期雨水不入湾,保障水体水质不黑不臭且达到地表水功能区划目标要求。监测数据显示,综合治理工程实施后,五缘湾外湾、内湾现状水质不劣于上年度东海域年均指标,满足海洋开发作业区水质目标;湖边水库现状水质为地表水Ⅲ类标准,满足饮用水源区水质目标;湿地公园水体现状水质为地表水Ⅴ类标准,满足景观用水区水质目标。

同时,五缘湾流域海绵城市综合体达到厦门市水环境综合治理样板工程区域海绵城市建设要求,通过因地制宜实施源头低影响开发设施,充分利用原有抛荒地和沼泽地建设五缘湾湿地公园,流域内水面率由原来的32%增加至47%,新增蓄洪容积约 $26.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,流域内30%以上的区域可达70%以上的降雨就地吸纳利用的目标。

#### 4 结论

海绵城市建设是一项系统性工程,结合五缘湾流域水环境综合治理工程,探讨了流域尺度下的城市海绵综合体的构建方法:在水环境治理中,以流域内生态基础设施为载体,将流域综合整治与天然海绵保护修复、生态景观营造、城市基础设施建设相结合,一方面顺应生态规律,通过海绵城市统筹各类整治工作;另一方面遵循系统思维,全流程实施长效治理,为推动海绵城市建设从碎片化走向流域治理,从表层化走向深度融合,从单一化走向多元发展提供有益参考。

#### 参考文献:

- [1] 王忆竹. 以小流域为单元的城市海绵体系统规划方法[D]. 重庆:重庆大学,2018.  
WANG Yizhu. Planning Method of City Sponge System in a Small Watershed Unit[D]. Chongqing: Chongqing University, 2018 (in Chinese).

- [2] 郝庆. 以流域为单元的山水林田湖草沙一体化保护修复[J]. 中国国土资源经济, 2022, 35(9): 31-36, 53.  
HAO Qing. Protection and restoration for the integration of mountains, rivers, forests, fields, lakes, grasslands and sands based on watershed [J]. Natural Resource Economics of China, 2022, 35(9): 31-36, 53 (in Chinese).  
[3] 贺弋桓,王建龙,全贺,等. 流域尺度视角下海绵城市建设途径及区域径流控制[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2021, 53(5): 72-78.  
HE Yihuan, WANG Jianlong, TONG He, et al. Approaches and strategies of sponge city development based on watershed management [J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2021, 53(5): 72-78 (in Chinese).  
[4] 范京,禚倩红,谢湃然,等. 流域尺度视角下的城市空间治理新范式——广州市碧道规划建设实践[J]. 规划师, 2021(11): 28-35.  
FAN Jing, XUAN Qianhong, XIE Pairan, et al. A new paradigm of urban spatial governance at watershed scale: Guangzhou case [J]. Planners, 2021(11): 28-35 (in Chinese).  
[5] 陆利杰,李亚,张亮,等. 水环境问题导向下的海绵城市系统化案例探讨[J]. 中国给水排水, 2021, 37(8): 43-47.  
LU Lijie, LI Ya, ZHANG Liang, et al. A case study on the systematic solution of sponge city oriented by water environment problems [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(8): 43-47 (in Chinese).

作者简介:许贤芳(1991- ),女,福建厦门人,硕士,工程师,主要研究方向为海绵城市、排水防涝、水环境综合治理等。

E-mail: 1090402894@qq.com

收稿日期:2023-12-06

修回日期:2023-12-22

(编辑:丁彩娟)