

# 海口市美舍河水环境综合治理系统方案

王 晨, 李 婧, 赖文蔚, 杨 柳, 胡 筱  
(中国城市规划设计研究院, 北京 100044)

**摘 要:** 近年来,我国大力推进城市内河水环境综合治理,将其作为落实生态文明建设,补齐民生短板,促进公共产品供给侧改革的重要内容。以海口市美舍河为例,以系统思维引领生态治水,研究城市内河水环境综合治理的系统方案,探索水生态文明建设的实践路径。提出以流域为单元,以“控源截污、内源治理、生态修复、功能统筹”为主线,系统解决城市水环境问题,并统筹提升水安全、水生态、水景观等复合生态功能,构建水岸融合、蓝绿交织的城市生态空间。

**关键词:** 黑臭水体治理; 海绵城市; 生态修复; 系统方案

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2018)12-0024-07

## Integrated Water Environment Remediation Approach of Meishe River in Haikou City

WANG Chen, LI Jing, LAI Wen-wei, YANG Liu, HU Xiao  
(China Academy of Urban Planning and Design, Beijing 100044, China)

**Abstract:** In recent years, integrated management of river environment in cities has been promoted, as an important part of implementing ecological civilization, improving the people's livelihood and promoting the supply-side reform of public goods. This paper takes the Meishe River in Haikou City as an example to introduce the water environment improvement in a systematic and ecological way, and explore ecological civilization practice. The control units are delineated by watershed. The urban water pollution issues were solved mainly with pollutant source control, internal source treatment, ecological remediation and functional coordination. As a result, water safety, water ecology, water landscape and other complex ecological functions could be promoted. The urban ecological space was constructed with the combination of water banks, blue and green infrastructure.

**Key words:** black and odorous water treatment; sponge city; ecological remediation; system plan

### 1 美舍河水体现状特征分析

水系是城市重要的自然生态空间,同时又承担着饮用水供给、行洪蓄洪、排水防涝、水质净化、景观游憩、航运等多重功能。水体现状评价既应注重水系的自然水文和水生态属性,还应关注与水体功能密切相关的其他功能和设施情况。

#### 1.1 水文特征

美舍河是海口市绿色生态系统的一个关键性、基础性的廊道,上游连接沙坡水库,下游连接海甸溪

入海,流经龙华、琼山、美兰3个区,是海口市府城的母亲河。

美舍河全长为23.86 km,流域面积为52.95 km<sup>2</sup>。旱天常水位状态下,上游沙坡水库下泄流量为0.3 m<sup>3</sup>/s,可基本保障凤翔闸以南河段的生态基流;河道中游自南渡江司马坡岛补水3.0 m<sup>3</sup>/s,用以保障下游河段的生态补水需求。下游入海口段受潮水涨落影响较大,水体含盐度较高,多年平均潮位为1.0 m,多年平均高潮位为1.3 m。20年一遇洪水位

状态下,沙坡水库泄流量为  $91 \text{ m}^3/\text{s}$ ,城区河道区间入流量为  $80 \text{ m}^3/\text{s}$ ,河道断面基本可满足 20 年一遇的过洪能力。美舍河水工设施分布见图 1。

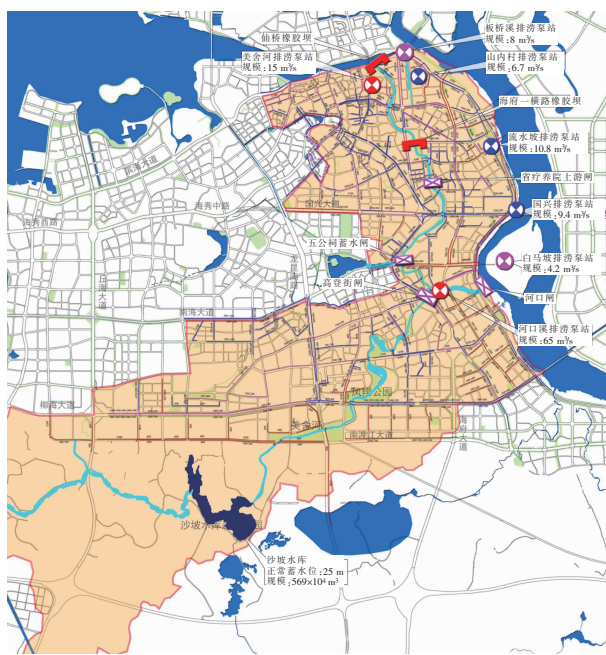


图1 美舍河水工设施分布示意

Fig. 1 Hydraulic facilities layout of Meishe River

## 1.2 水环境特征

上游沙坡水库位于海口市南部生态控制带范围内,水环境条件较好,除总氮指标外,其他水质指标可达到地表水Ⅳ类标准。沙坡水库末端至入海口为美舍河城区段,受污水直排和底泥污染影响,水环境质量较差,各项水质指标均为劣Ⅴ类,其中氨氮为 15.2 mg/L、溶解氧为 0.87 mg/L、COD 为 61.5 mg/L,全河段被列为城市黑臭水体整治范围。

### ① 污水直排

海口市排水系统欠账问题严重,目前美舍河所在的主城区近 90 km<sup>2</sup> 范围内的生活污水全部排入城区最北侧的白沙门污水处理厂。现状该污水处理厂处于满负荷状态运行,主干管网近 16.6 km 处于满管状态。现状污水管道及污水厂进水污染物浓度较低,近 1/3 的地下水、河水、海水等外来水倒灌入污水系统,清洁的水资源占用了污水管道和处理设施的空间,造成大量生活污水直排入河。

美舍河城区段污水直排、管网混接错接等问题突出。上游沙坡水库至凤翔桥段,周边为城郊村庄,未建设污水管道;中游段凤翔桥段至流芳桥,周边为府城老城区,排水管道以合流管为主;下游流芳桥至

长堤路入海口段,管网以分流制系统为主,但存在大量混接、错接的问题。美舍河沿河排污口有 130 个,直排入河污水量约  $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

## ② 底泥污染

由于美舍河沿线长期排污,加之河道局局部水动力条件不足,造成中下游河段底泥沉积较为严重。经检测,中下游段底泥淤积深度达到 1.0 m,局部水动力条件不足区域淤泥深度达到 1.5 m,且底泥有机质含量较高,黑臭现象严重。

### 1.3 水生态特征

目前美舍河源头所在的南部生态控制带,蓝绿空间用地零散、不连贯,生态系统功能逐步减弱。上游沙坡水库汇水区存在部分地块开发和高速路建设,切断了局部汇水通道,缩小了原始的自然汇水分区,导致沙坡水库汇流量由  $3\,000 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$  降至  $1\,500 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ ,进而导致下游美舍河的生态补水量严重不足。

城区河段渠化现象严重,滨河绿带建筑废渣堆积,河道蓝绿空间的生态功能严重退化,基本丧失了自我净化和恢复能力。

### 1.4 水安全特征

海口市短时暴雨强度大,且受到潮水顶托影响,易产生内涝问题。美舍河河道断面尺寸按 20 年一遇标准设计,基本可满足排涝要求。但是,当下游段受潮水顶托影响时,排水能力不足,河边区域存在内涝风险。

## 2 系统方案

美舍河流域面临着源头段水资源缺乏、城区段水环境黑臭及河道水生态受损等复合问题。解决流域的系统问题,不能就水论水,应将系统性思维融入海绵城市、生态治水、基础设施修复、城市更新的理念中,研究适于海口水环境特征的生态治理技术路线与方法。根据对现状特征及问题的深入分析,将“控源截污、内源治理、生态修复、功能统筹”确定为技术主线,通过水陆统筹,实现“水清、岸绿、景美、民乐”的多功能目标。

## 2.1 控源截污

黑臭在水里,根源在岸上,关键是管网,重点在排口。控源截污是水体治理的重中之重,是内源治理和生态修复的基础与前提。

国家对于黑臭水体的治理是在有限目标、有限时间下推进的,整体治理应标本兼治、长短结合。目

前为了短期见效,各城市基本采取以末端截污为主的方式,但这种简单的方式也带来了很多未知的后果。末端截污无形中将城市雨水管网、污水管网、河道、污水处理厂形成了连通体系,对于南方多水系、地下水位高的城市产生了新的影响。大量地下水、河水、海水等外来水通过雨水管道混入污水系统,造成污水处理厂满负荷和管网满管问题。

因此,控源截污的整治方案应站在整个排水系统的角度,按照“源头减排、过程控制、系统治理”的原则,以流域为单元进行系统施治,提出污水处理厂布局及排水分区优化、管网系统修复、源头海绵减排等长效治理方案。同时在此基础上,确定近期截污及处理方案,确保短期见效。

### 2.1.1 污染源及管网排查

污染源排查是保障截污效果的根本,不仅需要沿河排水口进行详细摸排,而且要追根溯源,对每个排水口对应的排水分区内的雨污水管网进行详细排查,寻找混接、错接、渗漏等问题症结点。

美舍河排查范围约 $24.2\text{ km}^2$ ,排查管网长度为 $216.8\text{ km}$ ,排查小区493个、城中村16个、居民居住点33个、建筑工地16个、学校22个,共计调查总住户11万户,人口约33万人。沿河发现排放口339个,其中旱天排水口130个(混接、错接、偷排的浓度较高的污水直排口106个,地下水渗漏等水质较好的排口24个),旱天无污水排出的雨水口209个。排查出管网混接、错接的点位395处。

### 2.1.2 污水处理厂布局及排水分区优化

传统的污水处理厂布局,受处理工艺、设施及受纳水体环境容量等因素影响,一般选择在城市主要河道的下游,距离主城区较远,需要长距离管道输送。海口中心城区白沙门污水处理厂位于城市最北边,管道从城市最南边输送 $25\text{ km}$ 以上,经多级提升,接入最北边的污水处理厂。由于管道建设年代较久,渗漏、破损等问题严重,造成大量地下水、海水、河水倒灌入污水管道,严重影响了现状污水系统的正常运行。

针对现状污水系统的问题,此次整治提出污水处理厂布局及排水分区优化方案。首先缩减白沙门污水处理厂的收水范围,新增2座污水处理厂,对主城区南部片区污水采用分散处理方式。处理后的污水厂尾水就地回用于河道生态补水和市政杂用。

污水处理厂规模和工艺的选择,应考虑管道修

复前、后污水水质变化,以及旱天及雨天雨污混合水水质变化等,适当增加一级强化工艺的规模,水质指标低时按设计规模的 $1.3\sim 2.0$ 倍进行配置。近期进厂污水污染物浓度低,可适当减小污水处理的停留时间,增加处理规模;远期管网修复完成后,进厂污水水质恢复正常,富余的污水处理厂规模用于处理雨天的雨污混合水和截流的初期雨水。

### 2.1.3 管网清污分流

针对现状管网系统的问题,目前很多城市推崇雨污分流改造,但是分流不是管网修复的目的,只是管网修复和改造的手段之一。管网整治方案应以问题为导向,通过分流、截流、调蓄、修复等综合手段,系统解决目前管网所面临的问题,实现“消除旱天污水直排、削减雨天溢流,减少污水外渗,降低系统运行水位、恢复截流倍数”的多重目标<sup>[1]</sup>。

根据排查结果,开展美舍河流域范围内的清污分流工作。对排查发现的20个企业偷排行为,按照排水许可要求进行行政处罚,并在媒体曝光。对管网CCTV检测发现的渗漏、破损等问题进行评估,问题较为严重的视现场情况和破损情况进行非开挖修复或开挖修复,降低外来水的汇入量。对合流制管道溢流污染、分流制系统混接及错接等问题,根据不同排水体制的具体情况,合理选择分流、截流、调蓄、修复等方式或组合的技术方法,解决不同排水体制下重点需要关注的问题,实现管网的清污分流。

分流制排水系统的重点问题是外来水混入和初期雨水径流污染,管网修复主要应针对管网渗漏或污染地下水等问题。初期雨水径流污染控制可通过地块海绵设施、滨河植被缓冲带、公园海绵设施等实现。

分流制混排系统的重点问题是混接、错接造成的污水经雨水管道直排入河。对排查发现的395处混接、错接点进行源头截流,可在小区内改造的则进入小区,如果投资过大或者难度过大,可选择在小区或者商户出口处设置旋流阀、浮桶阀等方式实现源头截流,保障雨污水管网不连通,可以很好地截流旱天污水和雨天的初期雨水污染。

合流制排水系统的重点问题是雨天的合流制溢流污染。对美舍河凤翔桥至流芳桥段进行合流制溢流污染控制,采取源头海绵减排、过程截流、末端调蓄、就地循环处理等方式或其组合,近远结合,有序控制雨天合流制溢流污染次数。首先可结合旧改、



道路改造等建设项目,实施源头海绵化改造和市政管道分流。如果源头实施难度很大,可采取末端调蓄、就地处理等方式进行改造,因地制宜地选择多种措施组合的方式,尽可能降低投资成本和施工难度,并能够产生较好的效益。

#### 2.1.4 源头海绵减排

源头海绵设施可就地控制雨水径流量和降解初期雨水径流污染,减少汇入排水管网中的雨水径流量和污染物总量,从而有效实现降低初期雨水径流污染和合流制管道溢流频次的目标<sup>[2]</sup>。

美舍河流域范围内,以雨水管道排水分区为控制单元,按照“源头减排、过程控制、系统治理”的总体原则,结合片区旧改实施进度安排,对居住小区、道路、广场、公园等地块构建“渗、滞、蓄、净、用、排”的海绵设施,有序组织雨水径流,可实现源头控制 60% 的初期雨水面源污染。

其中位于美舍河下游东风桥段的七中广场,改造前由于位于周边区域的最低点,三条道路的汇水均排入该广场,且原排水系统受到美舍河潮水顶托

而排水能力不足,广场积水严重,深度达到 0.5 m,严重影响了七中学生的正常出行。本次改造通过调整竖向标高,形成整体坡向河道滨水空间的顺坡排水形式,并在滨河绿带内设置雨水花园。降雨初期,通过雨水花园对初期雨水的渗滞、净化,降低面源污染;降雨量大时,可直接漫流入河,极大地缓解了七中广场的内涝问题。

#### 2.1.5 近期建设方案

国家对消除水体黑臭的考核是有明确时间节点要求的,海口作为省会城市需要在 2017 年底完成消除水体黑臭的任务。在明确长效控源截污措施的前提下,应结合消除水体黑臭的具体考核时间节点,制定近期建设方案。对沿河发现的污水直排口和混接、错接口进行源头或末端截污,保障旱天无污水直排入河,达到短期消除水体黑臭的效果。由于现状管网满管等问题,截流的污水无法排入现状白沙门污水处理厂,需要沿河布置临时一体化处理设施(见表 1),就地进行分散处理,以此作为新建污水处理厂建成前的过渡方案。

表 1 分散污水处理设施对比

Tab. 1 Comparison of decentralized wastewater treatment facilities

项 目	占地指标/ ( $\text{m}^2 \cdot 10^3 \text{ m}^{-3} \cdot \text{d}$ )	出水达标情况	处理费用/(元 $\cdot \text{m}^{-3}$ )	优点	缺点
生化处理设施	200	一级 B 以上	1.2	出水水质好	占地面积大,处理成本高
物化处理设施	60	去除 SS、COD、TP	0.2	占地面积小	出水水质差
人工湿地	3 000	一级 B 以上	0.2	可结合绿地公园建设,实现复合功能	占地面积大

一体化设备的布局及工艺选择应充分考虑场地现状、污水收集量、受纳水体水环境容量等因素综合确定。美舍河沿线共布置 3 座分散式一体化污水处理设施,规模总计  $4.75 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,可基本消纳美舍河沿线  $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  的现状污水直排量,剩余的  $0.25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  污水通过截污纳管收集至白沙门污水处理厂处理。

上游河段的用地条件较好,但水环境容量不足,选择出水水质较好的生化处理工艺,处理规模为  $0.75 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,出水水质达到一级 A 排放标准。

中游凤翔湿地公园河段有大面积的绿地空间,选择物化处理 + 人工复合垂直流湿地工艺,处理规模为  $0.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,出水水质达到一级 A 排放标准。

下游入海口河段水环境容量较大,但用地空间局促,选择物化处理设备,处理规模为  $3.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。其优点是占地面积小,可达到消除表观黑臭的效果,缓解下游满管带来的污水溢流风险。

d. 其优点是占地面积小,可达到消除表观黑臭的效果,缓解下游满管带来的污水溢流风险。

#### 2.2 内源治理

由于长期受污水直排影响,河道底泥污染物含量较高,是造成水体黑臭的重要污染源之一。但与此同时河道底泥还是保障水体自然属性、恢复河道自净能力的重要载体。因此,内源治理不能一味强调清淤处置,而应综合考虑河道的水环境容量、底泥污染程度、资源循环利用等要素,因地制宜地选择机械清淤或原位处置的方式。

对于河道宽度在 30 m 以下的城市排洪沟,缺乏源头水,水环境容量较低,底泥中存在重金属污染时应以机械清淤为主、原位处理为辅,将污染物浓度高的表层污泥进行机械清淤和无害化处置。

对于河道宽度在 30 m 以上的城市内河,水环境容量较大,底泥中重金属污染物浓度低时,应以原位

处理为主、机械清淤为辅,就地对底泥进行循环利用,恢复河道的自然属性。

### 2.2.1 机械清淤

目前机械清淤是运用较多的底泥处理方式,它对于河道自身的底泥污染治理效果较好,但同时也存在较多弊病。一是底泥清理工程量较大,且难以确定清理标准,造成大量投资浪费;二是清理后的底泥无害化处置是个难题,存在污染源转移,造成次生污染的问题;三是治标不治本,整体水动力条件未改善,底泥极易再次沉积,造成污染反复的问题。机械清淤中,清淤深度的确定是重要的设计参数。清淤深度一般根据清除有机质含量超过5%~10%的底泥来确定,同时可适当结合河道自身环境容量进行调整,重点是清理表层污染物浓度较高的底泥。

海口市美舍河机械清淤平均深度约0.5 m,占总淤泥量的40%。清淤要求是将淤泥含水率控制在60%以下,并对其进行资源化利用。采取的工艺是绞吸船泵送淤泥、垃圾砂石分拣、淤泥调理、泥浆浓缩、淤泥脱水等方式。经检测,处置后的底泥含水率平均在45%以下,有机质含量较高,且重金属含量较低,适宜作为绿化用土进行资源化利用。

### 2.2.2 原位处理

原位处理是就地对河道底泥进行保留、覆盖、利用等,实现控制底泥污染,恢复河道生态载体的处理方式。在河道整体生态修复中,通过营造生境空间,构筑浅滩、岛屿等方式对底泥进行就地消纳。对于河床最底层,适当保留0.3~0.4 m厚的底泥,为微生物和植物生长提供载体空间,恢复河道自然属性。

美舍河退堤还河,改硬质的直立断面为草坡入水的复式断面,沿线增加了 $4 \times 10^4 \text{ m}^2$ 的浅滩湿地,就地消纳了 $5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的河道底泥,占总淤泥量的

25%。

美舍河东风桥等位置的河道断面不合理,造成底泥反复沉积。通过优化水力条件,束水冲淤,原位消纳底泥存量,控制了底泥污染。由于水动力条件的改善,还降低了底泥增量。此外,常水位断面收窄,挟砂能力增强,扩大了洪水位断面,提高了河道排洪能力。

## 2.3 生态修复

生态修复是以恢复水体自净能力为主线,在控源截污的基础上,通过采取生态保护、恢复、修复的技术方法,保护水敏感空间,因势利导改造渠化河道,重塑健康自然的弯曲河岸线,营造功能完整、结构均衡的水生态系统,构建水岸融合、蓝绿交织的生态廊道,实现人与自然的和谐共生。

### 2.3.1 水空间保护

通过识别水生态敏感区(河流、湖泊、水库、湿地、坑塘、沟渠等)、重要生态斑块和廊道,构建城市蓝绿空间体系,为生态保护和修复留足生态空间,创造山、水、田、城有机融合的自然格局,让城市融入自然,让海绵嵌入城市。

美舍河上游沙坡水库位于海口市南部生态控制带范围内,流域范围属于火山熔岩湿地区域,是天然海绵体,下渗条件良好。通过水敏感区识别,划定蓝绿控制线,保护天然海绵空间,逐步恢复流域水源涵养和雨洪蓄滞功能。经测算(见表2),在50年一遇暴雨工况下,沙坡水库汇水区可为美舍河径流总量削减35%,峰值径流量削减49%,可极大缓解下游城区的排涝压力。通过地上、地下汇水通道修复,沙坡水库为美舍河的补水量逐步恢复到 $2\,000 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ ,可保障美舍河上游段的基本生态基流需水量。

表2 南部生态控制带50年一遇降雨地表径流量计算

Tab. 2 Runoff calculation under 50 years rainfall in the southern ecological control zone

项 目	峰值流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	径流总量/ $10^4 \text{ m}^3$	出口峰值流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	出口径流总量/ $10^4 \text{ m}^3$	总量削减 率/%	峰值削减 率/%
五源河	375	645.86	152	323.66	50	59
美舍河	81	141.36	41	91.58	35	49
响水河	748	1 906.09	419	1 744.29	8	44

### 2.3.2 河道形态修复

城市河道渠化使水体基本丧失了自净能力,水生态修复应对河道形态进行修复。通过增加河道断面空间等方式,改造渠化岸线为自然生态岸线,使得河流在给定范围内冲淤变化,重塑健康自然弯曲河

岸形态。

美舍河渠化河道(见图2)的改造以自然修复为主,打破原有“三面光”束缚,通过退堤还河,腾出断面空间,改造硬质的直立断面为草坡入水的复式断面(见图3),恢复河道自然弯曲形态。让自然做功,



提高边缘效应,增加土壤、水、植物、微生物的接触面,逐步恢复河道自净能力。



图2 美舍河现状渠化河岸实景

Fig. 2 Existing canalized embankment picture of Meishe River

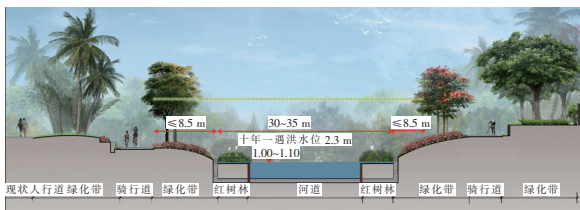


图3 美舍河河道生态修复断面

Fig. 3 Ecological remediation embankment section of Meishe River

通过 MIKE 模型分析,滨河沿线是污染物沉积比例较大的区域,岸边沉积的污染物浓度平均比河中央高 30% 以上。因此,规划在滨河沿线构建浅滩湿地,降解污染物净化水质,引导河流冲淤变化,逐步恢复河流自然形态。

美舍河生态修复后实景见图 4。



a. 低水位状态

b. 高水位状态

图4 美舍河生态修复后实景

Fig. 4 Picture of Meishe River after ecological remediation

### 2.3.3 生境空间营造

在恢复河道自然形态的同时,采取类自然生态系统或人工强化生态系统的技术手法,构建自然深潭、浅滩、泛洪漫滩的生境空间,可保障生态系统的完整性和延续性,提高生物多样性,让城市水体安全、健康、和谐、可持续发展。

#### ① 红树浅滩湿地

美舍河下游受海潮影响,水体盐度较高。在滨河浅滩湿地植物中,选择以红树植物为主的常绿灌

木或乔木组成的潮滩湿地生物群落,构建水体、岛屿、漫滩、真红树植物、半红树植物、喜湿草本植物、陆生园林植物等从水到陆演替的 7 个生境序列,营造独特的红树林湿地生态系统,形成藻类、鱼类、两栖类、鸟类等生物的生境空间。

红树林具有重要的生态效益,被称为“海岸卫士”,可防风消浪、固岸护堤、净化水质和空气<sup>[3]</sup>。红树植物喜好淤泥质环境,耐污能力强,且红树植物自身可营造好氧、厌氧的微生物生长环境,更利于污染物的削减。美舍河沿线种植红树林面积约为  $6.0 \times 10^4 \text{ m}^2$ ,按照固碳量约  $1.1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  计算,全年可固碳量约为 66 t。

#### ② 人工强化湿地

美舍河凤翔公园段将建筑废弃地改造为八级梯田湿地(见图 5),构建一级强化设备+复合垂直流湿地+河道沉水植物的人工强化湿地空间。一方面,将周边规模为  $0.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  生活污水收集至湿地上方,分级跌水净化,通过一级强化设备的混凝沉淀,复合垂直流湿地的填料过滤、微生物代谢、植物吸收,以及河道内沉水植物吸收降解等过程,达到就地处理、就地回用的目标。另一方面,人工强化湿地空间的构建形成了潜流、表流等多种湿地形态,可为微生物、两栖生物、鱼类群落提供栖息空间。



图5 复合垂直流八级梯田湿地实景

Fig. 5 Picture of composite eight-terrace vertical flow constructed wetland

### 2.4 水功能统筹

以系统思维引领生态治水,在改善水环境、恢复河流自然生态系统的同时,统筹多专业和滨水空间,实现保障水安全、提升水景观等复合功能。

#### 2.4.1 水环境改善

美舍河综合治理完成后,持续监测数据显示,水体已全面消除黑臭,氨氮、化学需氧量、溶解氧等主

要水质指标已达到地表水Ⅴ类标准。微生物、两栖生物、鱼类、鸟类群落的栖息空间初步形成,河道自净能力逐步恢复。

#### 2.4.2 水安全保障

美舍河综合治理完成后,河道的雨洪蓄排能力有效增强,缓解了流域的内涝问题。通过原有“三面光”断面的形态改变,河道洪水水位断面拓宽了8~20 m。经测算,断面调整后,20年一遇的洪水水面线比改造前平均降低0.4 m,洪水流速降低了30%,增强了河道排涝能力。

凤翔闸上游采取低水位运行,并改造原土堤为浅滩湿地,将乾坤湖与主河道连通,可有效增强美舍河上游的蓄洪能力,减轻城市建成区的排涝压力。经测算,仅从凤翔闸至上游沙坡水库河段,通过河湖水位的有效控制,调蓄能力可达 $50 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

#### 2.4.3 水景观提升

滨水空间是市民重要的活动场所。在保障水环境和水安全的前提下,构建城市滨水景观系统,可为市民提供优质的公共生态产品。美舍河下游6 km慢行系统全线贯通,增建市民活动广场22个,融合水岸空间,为市民营造亲水体验和活动空间。在绿化植物的选择上,以本地花草树木为主,体现本地特色的同时又可有效控制成本。

### 3 结语

水体综合整治是一项复杂的系统工程,应树立正确的生态价值观,强化城市与自然生态系统一体化的认知,转变以往单一的工程治水为全面系统综合的生态治水。在城市更新的总体统筹下,以流域为单元,以“源头减排、过程控制、系统治理”为原则,以“控源截污、内源治理、生态修复、功能统筹”为主线,系统制定标本兼治、近远结合的水系综合治理方案,解决城市水环境问题,统筹提升河道的水安全、水生态、水景观等复合生态功能。打破行业、空间的界限与壁垒,以构建类自然系统的手法,重塑健康自然安全的弯曲河岸线,营造自然深潭、浅滩、泛洪漫滩的生境空间,构建水岸融合、蓝绿交织的城市生态廊道,保障生态系统的完整性和延续性,提高生态系统应对外界干扰的弹性和韧性,让城市水体安全、健康、和谐、可持续发展,实现人与自然和谐共

生。

#### 参考文献:

- [1] 唐建国. 工欲解黑臭 必先治管道——《城市黑臭水体整治——排水口、管道及检查井治理技术指南》解读[J]. 给水排水, 2016, 42(12): 1-3, 137.  
Tang Jianguo. The interpretation of “Urban Black and Odorous Water Treatment—Technical Guide for the Management of Drainage Outlet, Pipelines and Inspection Wells”[J]. Water & Wastewater Engineering, 2016, 42(12): 1-3, 137(in Chinese).
- [2] 车伍, 张鹏, 张伟, 等. 初期雨水与径流总量控制的关系及其应用分析[J]. 中国给水排水, 2016, 32(6): 9-14.  
Che Wu, Zhang Kun, Zhang Wei, et al. Analysis of initial rainfall and total runoff volume control[J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(6): 9-14(in Chinese).
- [3] 何海军, 温家声, 张锦炜, 等. 海南红树林湿地生态系统服务价值评估[J]. 生态经济, 2015, 31(4): 145-149.  
He Haijun, Wen Jiasheng, Zhang Jinwei, et al. Ecological functions assessment of mangrove wetland in Hainan Province[J]. Ecological Economy, 2015, 31(4): 145-149(in Chinese).



作者简介:王晨(1986-),男,山西运城人,硕士,工程师,中国城市规划设计研究院资源能源所副所长,主要从事市政基础设施规划、水环境综合治理、海绵城市、内涝防治等规划设计工作。

E-mail: 471317981@qq.com

收稿日期: 2018-04-10