

水环境综合整治

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.10.001

# 深圳市茅洲河流域水环境综合治理方法与实践

楼少华<sup>1</sup>, 唐颖栋<sup>1</sup>, 陶明<sup>2</sup>, 任珂君<sup>1</sup>, 邵宇航<sup>1</sup>, 甄万顺<sup>1</sup>

(1. 中国电建华东勘测设计研究院有限公司, 浙江 杭州 311122; 2. 中电建生态环境集团有限公司, 广东 深圳 518100)

**摘要:** 茅洲河流域水环境综合整治是全国第一个以流域水环境综合治理为任务的工程项目,以流域统筹、系统治理为核心理念,制定了“织网成片、正本清源、理水梳岸、寻水溯源”四步走的流域统筹治理技术路线。详细介绍了茅洲河流域治理技术具体的实施内容及效果,可为全国跨界河流水环境综合整治提供可复制可推广的经验。

**关键词:** 流域统筹; 系统治理; 织网成片; 正本清源; 理水梳岸; 寻水溯源

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)10-0001-06

## Methods and Practice of Comprehensive Improvement of Maozhou River Water Environment in Shenzhen

LOU Shao-hua<sup>1</sup>, TANG Ying-dong<sup>1</sup>, TAO Ming<sup>2</sup>, REN Ke-jun<sup>1</sup>, SHAO Yu-hang<sup>1</sup>, ZHEN Wan-shun<sup>1</sup>

(1. PowerChina Huadong Engineering Corporation Limited, Hangzhou 311122, China; 2. PowerChina Eco-environmental Group Co. Ltd., Shenzhen 518100, China)

**Abstract:** Maozhou River comprehensive improvement of water environment, which is the first comprehensive treatment project of water environment in China, persisted in the core idea of watershed overall planning and systematic management. The technical route of the project was divided into four steps: “web-weaving in district, wastewater collection from source, regulating both the water and bank, tracing the water source”. The paper introduced the concrete implementation content and effect of Maozhou River water environment comprehensive improvement, and provided a replicable and generalizable experience for the comprehensive improvement of the nationwide cross-boundary river water environment.

**Key words:** watershed overall planning; systematic governance; web-weaving in district; wastewater collection from source; regulating both the water and bank; tracing the water resource

2015年4月,国务院发布《水污染防治行动计划》,要求到2017年,各直辖市、省会城市、计划单列市建成区污水基本实现全收集、全处理,并基本消除黑臭水体。城市黑臭水体整治是城市水环境综合改善过程中重要的阶段性工作,在当前的水环境综合治理工作中,还存在着一些认识不到位、目标不合

理、策略不清晰、措施不得当等问题。有些城市在整治过程中,只注重河道清淤;有些将主要资金全部投入在水体本身上;有些将调水冲污作为治理的主要对策;有些城市将黑臭水体整治等同于流域的综合治理,提出了近期难以实现的目标。

针对以上问题,紧扣住房和城乡建设部发布的

黑臭水体治理的纲领性文件,并结合全国第一个以流域综合治理为任务的工程项目——茅洲河流域水环境综合整治工程,提出流域治理、系统梳理的方法,为全国跨界河流环境综合整治提供可复制可推广的经验。

## 1 茅洲河流域概况

茅洲河为深圳市第一大河,发源于深圳市境内羊台山北麓。流域面积为 388 km<sup>2</sup>,流经深圳、东莞两市三地,干流长为 41.69 km。其中宝安片区流域面积为 112.65 km<sup>2</sup>,涵盖沙井、松岗、燕罗、新桥 4 个街道,共有干支流河涌 19 条,总长为 96.56 km。宝安区内干流全长 19.71 km,下游河口段 11.98 km,为东莞两市界河。茅洲河作为深圳市最长的河,却因“污黑发臭”,被称为珠江三角洲污染最严重的河流,影响着深圳的水环境和声誉。茅洲河流域落后产业聚集,电镀、线路板、印染等重污染企业高度集中,人口密集,为典型的高密度集聚区。流域内污水处理设施缺乏,污水直排入河,导致水体水质长期劣于 V 类。

## 2 流域统筹、系统治理总体思路

### 2.1 流域治理的模式

2015 年深圳市开启了新一轮流域水环境治理,采取全新的治理模式,按照“一个平台、一个目标、一个系统、一个项目、三个工程包”和“全流域统筹、全打包实施、全过程控制、全方位合作、全目标考核”,打破过去治水零敲碎打的模式,施行流域打包,采用流域统筹与区域共治相结合,统一目标与分步推进相结合,系统规划与实施相结合,将茅洲河流域建设成水环境治理、水生态修复的标杆区,人水和谐共生的生态型现代滨水城区。流域治理模式如图 1 所示。

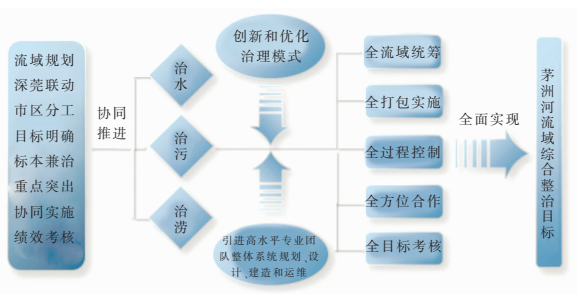


图1 流域治理的模式

Fig.1 Model of basin governance

### 2.2 技术路线

茅洲河流域治理按照“流域统筹、系统治理”的

核心理念,搭建了“织网成片、正本清源、理水梳岸、寻水溯源”四步走的系统治理技术路线(见图2)。包含片区雨污分流管网工程、河道整治工程、片区排涝工程、水生态修复工程、补水工程、形象提升工程等六大类工程。

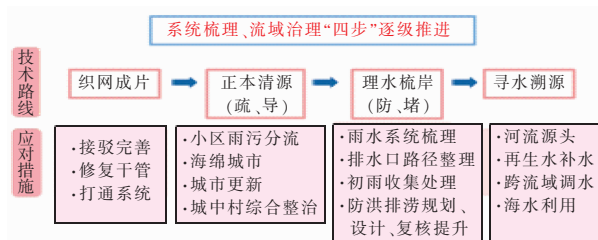


图2 流域统筹、系统治理技术路线

Fig.2 Technical route of watershed overall planning and systematic governance

## 3 织网成片

在流域治理中首先应当考虑的是将污水管网织网成片,搭建可靠、完善、顺畅的管网系统,确定合理的排水体制,做好新建管网与现状管网的接驳工作,并对存量管网尤其是干管系统进行全面检测修复,打通系统。

### 3.1 系统搭建

#### 3.1.1 排水体制

在构建排水体制时,应坚持“大分流、小截流”的治理理念。应深刻理解在高密度建成区条件下实施完全雨污分流的难度,但是仍不应放弃分流的思路。在分流不彻底的情况下,应慎重选用以“大截流”为主的系统末端治理思路<sup>[1]</sup>。处理好点源污染与面源污染之间的关系,合理确定截流倍数,做到既能减少溢流污染的频次,又能最大限度收集雨季的面源污染。

#### 3.1.2 现状排水干管治理

2013 年茅洲河流域已建成 160 km 干管,但由于末端污水处理厂建设未完成,且存在众多河道、箱涵末端取水(总口截污),使管网长期存在高水位运行,管道长期浸泡;同时茅洲河流域为典型的淤泥质地质,导致管道存在大量脱节、破损、变形、渗漏、错接等各类功能性、结构性缺陷。为构建健康的污水收集系统,实现污水处理厂进水浓度高、进水水量大、管网运行水位低(两高一低)的目标,有必要对现状排水干管进行全面排查及治理。

#### ① 管道检测与评估

对管道清淤后进行 CCTV 检测,发现现状干管

结构性缺陷普遍,如渗漏、破裂等,管道污水进入地下水和土壤中造成污染,长时间的冲刷会产生地下空洞,造成路面塌陷。

根据统计,共检测管道 1 662 段,总长为 74.2 km,管径为 DN400 ~ DN1 800,埋深为 1.2 ~ 9.91 m,管材包括钢筋混凝土管、HDPE 管和玻璃钢夹砂管。管道结构性缺陷总计 3 942 处,功能性缺陷 245 处,管道总缺陷率为 56 处/km,其中 3 级、4 级以上缺陷占比为 20% 左右,极大地影响了现状干管系统的正常运行。

## ② 管道修复

针对功能性缺陷,主要采用疏通清理等方式,清除沉积等影响管道过水能力的缺陷,恢复管道过水断面。

针对结构性缺陷,3 级、4 级以上的进行非开挖修复,缺陷类型主要为渗漏、脱节和错口。目前,国内城镇排水管道整体修复方法有 CIPP 原位固化(包括水翻、气翻、紫外光固化)、喷涂法(水泥砂浆、聚氨酯等高分子有机物)、折叠内衬法、穿插法、管片/短管内衬法、裂管法等。

茅洲河流域管道基本位于市政道路上,并且污水管道已经投入使用,需要缩短施工时间以降低影响。原位固化修复技术的内衬管与原有管道紧密贴合,不需灌浆,施工速度快、工期短,可用于修复非圆形管道。紫外光固化修复技术相对于热固化工艺,具有内衬管刚度大、固化时间短、不产生废水等优势。因此,对于管径  $\leq$  DN800 的中小管道,宜选用紫外光原位固化修复技术。对于管径  $>$  DN800 的管道,可选用结构性、防化学腐蚀能力强,且凝胶时间短的人工喷涂聚氨酯技术。

## 3.1.3 新建管网系统

织网成片工作是以污水为核心,搭建一个健康的污水收集系统为目标。茅洲河流域宝安片区共建设沙井、松岗两座污水处理厂,在 2015 年综合整治之前已建成一期、二期干管 160 km,现状合流系统及少量雨污分流系统约 600 km,管网密度仅为 8.42 km/km<sup>2</sup>。在此基础上流域综合整治新建了雨污分流管网 1 014 km,沿河截污管 91 km,将管网密度提高到 20.5 km/km<sup>2</sup>。新建的管网系统主要解决了以下三方面的内容:

① 在一、二期干管基础上,完成了三级以上污水次干管的建设,市政道路上均敷设了分流污水管

道,使流域具备分流条件。

② 对大部分的居住小区、部分公建实施了彻底的雨污分流,对工业仓储类小区采用督导分流,在工厂区门口均预留了污水检查井。督导分流由政府通过政策制定,督促企业自行将生产废水、生活污水处理达标后接入预留污水检查井内。

③ 建设沿河截污系统可以实现排水口旱天不出水、雨天少溢流的目标,对各类排水口采取堵、截和其他改造措施,堵住污水直排、截流混接水、堵住河水倒灌。

## 3.2 效果评估

通过织网成片工作,对整个干管系统进行了全面排查梳理及修复,并且搭建了市政道路上二、三级雨污分管网,使系统具备了健康正常运行的条件。改变了以往由于管网缺失而只能从河道取水的现状,污水厂进水水量从  $30 \times 10^4$  m<sup>3</sup>/d 提高至  $80 \times 10^4$  m<sup>3</sup>/d,污水收集率提升至 56%;进水 COD 从 70 ~ 80 mg/L 提高至 300 ~ 400 mg/L;干管运行水位从原有高水位(12 ~ 13 m)降低至设计水位(5.0 m),实现了污水系统“两高一低”的运行目标。

## 4 正本清源

织网成片工作完成后,基本上形成了路径完整、接驳顺畅、运转高效的污水收集输送系统,市政道路上均敷设了分流管网。正本清源指通过对错接乱排的源头排水用户进行整改,不断完善建筑排水小区雨、污水管网和市政管网,建立健全城市雨污两套管网系统,实现雨污分流。

茅洲河流域(宝安片区)共有企业 1.2 万余家,其中重点污染企业 274 家,工业用地占总用地面积的 43%,工业用水量占总用水量的 61%。工业区内集聚了大量的电镀、印刷电路板制造、光电子器件制造、金属表面处理及热处理加工等重污染行业企业,工业污染成为茅洲河流域主要的污染源。根据深圳以往做法,工业企业在雨污分流改造时作为督导分流区域,但是督导分流历时较长,且效果不理想。因此,亟需对工业类排水建筑小区的正本清源提出更好的解决思路。同时对未覆盖的其他新村区、新建小区、公建等区域一并纳入,保证正本清源全覆盖。

## 4.1 工业类排水建筑小区正本清源思路

针对工业类排水小区内部雨污分流改造,按照“雨污分流、污废分流、废水明管化、雨水明渠化”的原则。工业企业正本清源方法见图 3。





了重要作用。但是沿河截污管设置了大量截流井,导致雨季大量雨水进入污水系统,污水厂终端处理出现满负荷溢流的现象。为此提出以下改造方式:

①针对截流倍数较大( $n=7\sim 10$ )的沿河截污管,管径一般较大,利用管道容积作为调蓄空间,雨季接纳初雨,旱季释放至市政污水管(见图5)。

②对常规截流倍数( $n=2.0$ )的沿河截污管,利用该管道,在末端增设调蓄、溢流、限流的设施(见图6)。

③针对个别河道,附近没有市政污水管,但又承担了片区污水收集的沿河截污管,将原有截流井封堵或改造为弃流井(见图7),增设限流措施,将该短管改为市政污水管。

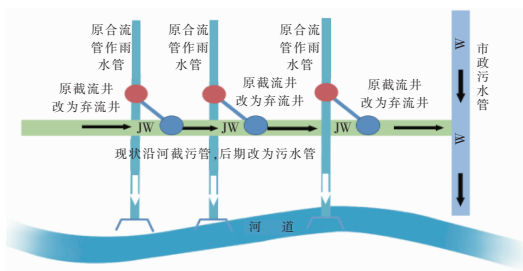


图5 管道调蓄方案

Fig. 5 Pipeline storage scheme

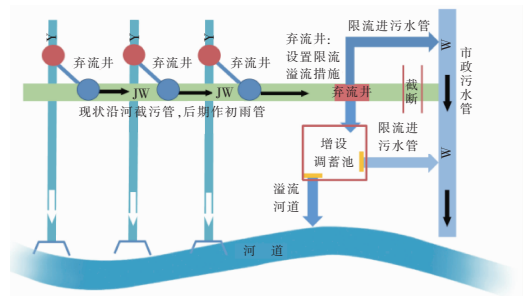


图6 调蓄池设置方案

Fig. 6 Storage tank scheme

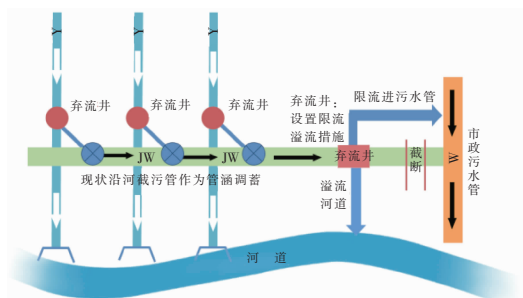


图7 截流井改造方案

Fig. 7 Reform scheme of intercepting well

### 5.3.2 暗渠箱涵排水口整治方案

暗渠排水口整治方案见图8。

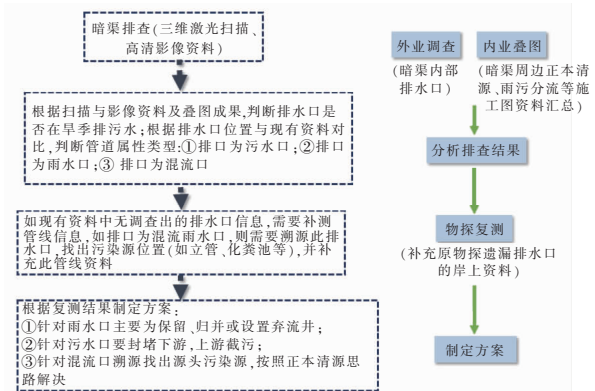


图8 暗渠排水口整治方案

Fig. 8 Management of culvert outlet

① 针对分流制污水直排口,结合正本清源工作,岸上疏导将污水接入污水管。

② 针对分流制雨水直排口,考虑保留或根据规划排水口设置情况进行归并,并视情况对流经面源污染严重的排水口设置弃流井或调蓄池。

③ 针对分流制雨污混接的雨水直排口,通过错接乱接、正本清源梳理后,调整为雨水直排口,处理方案同②。

④ 针对雨污混接截流溢流排水口,将已有截流设施改造为弃流井或增设调蓄池。

### 5.4 系统评估

通过理水梳岸工作,对流域内所有河道、暗渠、排水沟进行了全面排查及整治,进一步提高污水收集率至95%以上。对重点污染区域的面源污染加以控制,雨季河道污染得到了很大缓解。同时解决了沿河截污系统雨季对处理终端造成的冲击负荷问题,使系统在雨季得以健康正常运行。

### 6 寻水溯源

对流域内干、支、汊流源头生态基流进行持续实地调研,寻找合适的补水水源。茅洲河流域水资源匮乏,现状河道枯水期基本无本地径流进入,水生态自净能力不足。因此,为恢复区域水环境,还本地径流量于河道非常必要。通过雨洪资源、再生水、流域调水、亚海水等多渠道寻水,制定各级补水方案。

① 利用上游水库,在保证城市供水前提下,调用雨洪资源,下泄河道,保证枯水期河道生态流量。建设生态库,采用“库中库”的方式,对入库水进行分质调蓄,并通过新建隧洞,贯通生态库,下泄生态流量对茅洲河干流进行补水。

② 将流域内4座污水厂的尾水提标至地表水



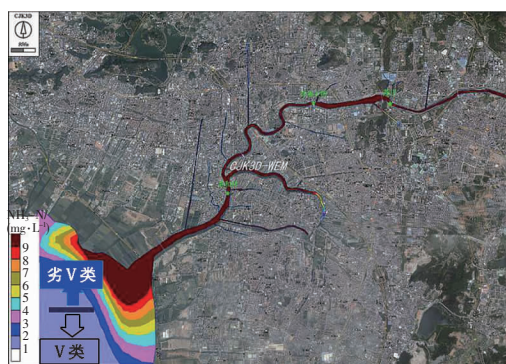
Ⅳ类,为河道补水,近期补水规模为  $120 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 远期可达  $170 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

③ 借助西江引水工程,进行流域水资源整体分析,对东江、西江水资源进行合理调度,进一步提高茅洲河生态流量。

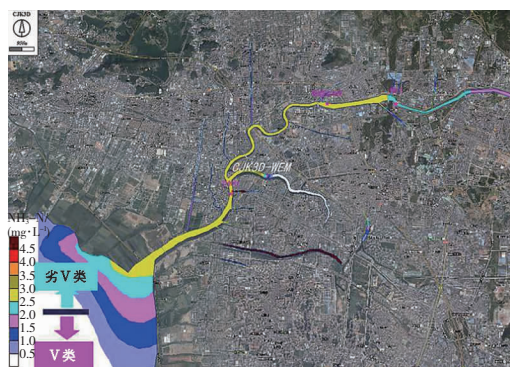
④ 茅洲河干流河长 19.67 km,其中 13 km 为感潮河段。利用近陆的亚海水为感潮河道配水,可有效改善河道水环境。

## 7 实施效果分析

通过流域系统治理,从全流域分析其污染物负荷,通过确定边界条件,搭建水质模型,预测整治后的实施效果。以  $\text{NH}_3 - \text{N}$  为例进行相应预测及分析。茅洲河流域整治前(2015 年)和整治后(2019 年)氨氮浓度变化见图 9。



a. 整治前(2015 年)



b. 整治后(2019 年)

图9 茅洲河流域整治前、后氨氮浓度变化

Fig.9 Change of  $\text{NH}_3 - \text{N}$  concentration before and after comprehensive improvement

在实施综合整治之前,由于大量污水直排入河,各考核断面的指标均超过Ⅴ类水标准。通过综合整治,在旱季无降雨的情况下,经再生水补水后,各考核断面的氨氮浓度已低于  $8 \text{ mg/L}$  的黑臭水体标准。其中,上游燕川断面的氨氮浓度已基本能达到Ⅴ类

水标准,而下游共和村断面仍难以达到理想的氨氮浓度,最大氨氮浓度为  $2.8 \text{ mg/L}$ 。因此,在通过控源截污,最大程度控制污水不入河,再增加再生水补水措施后,对黑臭治理效果显著;但是要进一步提升水质,达到Ⅴ类水目标,还需要结合政府管理执法,寻找更清洁、充足的水源,引水入城。

## 8 结论

《城市黑臭水体整治工作指南》提出了“控源截污、内源治理、生态修复、活水循环”的技术路线,同时指出“黑臭在水里,根源在岸上,关键在排口,核心在管网”。其实质是要下定决心,将黑臭水体治理延伸到岸上,通过流域系统治理,来达到综合治理的目的。流域治理是一个复杂庞大的系统工程,需要多学科、多部门联动,需要政府与企业紧密相联,创建合理的治理模式,确定合理的技术路线,逐级层层推进,才能达到流域综合治理的目的。

## 参考文献:

- [1] 楼少华,吕权伟,任珂君,等. 从深圳治水历程研究高密度建成区排水系统的选择与改造[J]. 中国给水排水,2018,34(18):18-21.  
Lou Shaohua, Lü Quanwei, Ren Kejun, et al. Study on the selection and reconstruction of urban drainage system in high density construction area from the course of water control in Shenzhen [J]. China Water & Wastewater, 2018,34(18):18-21 (in Chinese).



作者简介:楼少华(1979-),男,浙江诸暨人,工学硕士,高级工程师,从事给排水及污水处理技术、水环境流域综合治理、污水深度处理与再生利用技术、污泥处理处置技术研究与设计。

E-mail: lou\_sh@ecidi.com

收稿日期:2019-06-25