

# 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

楼少华, 吕权伟, 任珂君, 甄万顺, 方刚, 唐颖栋  
(中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 浙江 杭州 311122)

**摘要:** 介绍了深圳市30年来的治水历程,研究了高密度建成区排水系统存在的问题。结合茅洲河流域水环境综合整治工程,提出在高密度建成区排水系统改造中应坚持“大分流、小截流”的理念,正确选择消除面源污染的措施,并妥善解决好分流系统、截流式合流制系统、面源污染收集处理系统三者之间的关系。

**关键词:** 高密度建成区; 排水系统; 面源污染控制

**中图分类号:** TU992.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2018)18-0018-04

## Study on the Selection and Reconstruction of Urban Drainage System in High Density Construction Area from the Course of Water Control in Shenzhen

LOU Shao-hua, LYU Quan-wei, REN Ke-jun, ZHEN Wan-shun, FANG Gang,  
TANG Ying-dong

(PowerChina Huadong Engineering Corporation Limited, Hangzhou 311122, China)

**Abstract:** This study investigated the drainage system under the condition of high density construction area based on the course of water control in Shenzhen over the past 30 years. Combined the project of water environment management in Maozhou River basin, it is put forward that the concept of “large diversion and small closure” should be adopted in the reconstruction of drainage system in high-density construction areas. The measures for eliminating non-point source pollution should be correctly selected. The relationship among rainfall-wastewater separate system, combined wastewater drainage system with interception facility, non-point pollution collection and treatment system ought to be properly solved.

**Key words:** high density construction area; wastewater drainage system; non-point pollution control

城市排水系统是一项综合性很强的系统工程,主要有排水管网、排水泵站和污水处理厂组成,采用何种排水体制是城市排水系统建设中面临的首要问题<sup>[1]</sup>。随着现代房屋卫生设备和高层建筑的出现,人口高度密集,大大增大了城市污水的负荷强度;再加上工业发达,工业废水大量增加,城市附近的河流湖泊出现不能容忍的污染情况。因此,高密度建成区城市排水系统的选择与改造尤为困难。

### 1 深圳市排水系统建设历程

深圳市排水系统建设经历了三个阶段,即:20

世纪90年代建设雨污分流制排水系统;2000年后建设合流制截污箱涵;2015年后重新回归雨污分流制排水系统建设。

#### 1.1 第一阶段——分流制排水系统建设

深圳市在1990年—1999年的发展过程中,建成区规模由120 km<sup>2</sup>增长到358 km<sup>2</sup>,人口规模从202万人增加到500万人。发展加快的同时,生态环境问题突出,河流水质恶化现象严重,地表水逐步恶化为V类或劣V类。于是,深圳市政府从2000年开始加大力度进行水污染治理基础设施的建设。截

至2003年,原关内建成城市生活污水处理厂6座,总处理能力为 $154 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,建成市政排水管网达2 453 km;关外建成污水处理厂4座,处理能力为 $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。在这十余年中,深圳市关内虽然形成主要污水主干系统,但是排水管网错接乱排现象非常严重,污水通过雨水管渠入河,仅特区内漏排污水量就高达 $55 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,特区外污水处理设施更为薄弱。

在城市建设推进过程中,深圳市以雨污分流为指导,建设分流制污水收集与处理系统,从源头收集污水。深圳的水污染建设者们开展了大量的正本清源工作,完善城中村、居住小区、市政道路污水管网的建设。但由于城中村违章建筑很多,污水违规错接乱接、乱排偷排现象非常严重,污水很难从源头收集。因此,深圳水污染建设者认为从污染源头进行分流制管网建设与管理,短期内不能完成,按单纯分流制方向建设,河流水质难以好转。

## 1.2 第二阶段——截污箱涵系统建设

从2003年开始,深圳市提出了“正本清源、截污限排、污水回用、生态补水”16字治污方针,水污染治理基础设施建设步伐也大大加快。原特区内建立了比较完善的处理和排放系统,原特区外干管和污水系统也逐步形成。截止到2015年,深圳市已建成污水处理厂31座,污水处理能力达 $480 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,已建成污水管网4 354 km,截污箱涵53.8 km。

在这10余年内,深圳治水重视点截污工作,即入河排放口污水的收集工作。针对大量大口径的合流管及合流箱涵系统,在入河之前设置截流井,截流污水至污水管网。但是点截污存在以下缺点:

① 雨季水量剧增,下游污水管网和污水厂难以承受,导致污水外溢、污水厂水量水质变化大而难以处理;

② 容易发生河水倒灌,尤其是感潮河段,大量海水倒灌进入分流制系统;

③ 截流井及截流管易堵塞,导致截流井失效。

针对以上问题,深圳开始探索新的污水收集系统建设,并形成了截污箱涵收集系统体系,被称为“大截排”方案(见图1)。截污箱涵建设的本意是设置一个面源污染的收集及处理系统,收集并处理初小雨,但实际上成为了一种合流制收集系统。实际做法为在河堤邻河位置设置一道箱涵,将合流管(渠)、河道支流入干流之前接入箱涵,或在支流河

道上建设高截流倍数( $n = 10 \sim 15$ )的沿河截污管。箱涵过流规模根据收集面源污染的需要确定,箱涵满水后从其顶部溢出以免造成内涝。

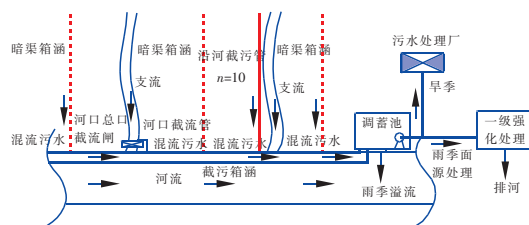


图1 大截排系统

Fig. 1 Big intercepting box culverts system

箱涵收集的合流水,一般通过调蓄池一级处理后排放,但由于这种末端收集的箱涵系统,所需调蓄池占地非常大,用地不能解决,因而另一种做法是将调蓄池合流污水导入污水处理厂。深圳市在此思路下建设了观澜河、新洲河、福田河、龙岗河、茅洲河等截污箱涵收集系统。

箱涵截污从一定程度上来说,提出了一种在末端收集污水的新思路,但是其缺点也非常明显:

① “截污箱涵”主观上想避免征地、拆迁等矛盾和调整管网、解决错接乱排等艰苦、细致的工作,从末端收集污水。旱季收集的污水实际混入大量基流、地下水,并未从源头分流污水,导致清污不分、雨污不分,截污效果大打折扣。

② 调蓄池建设困难,一级强化处理终端未跟上。调蓄池是箱涵截污系统中的关键一环,但实际工程中往往由于征地拆迁,调蓄池迟迟不能上马,一级强化处理终端也不能落地,导致雨季超量混流污水直排入河,截污箱涵实际上只承担了污染转移功能,未能有效处理污染物。

③ 调蓄池混流污水若进入污水厂处理,将占用污水处理规模总变化系数( $K_z$ )中日变化系数( $K_d$ )部分,对污水处理厂造成很大的冲击负荷,并增加运行管理的难度。

## 1.3 第三阶段——水务发展“十三五”规划

2015年,国务院印发了《水污染防治行动计划》,即国家“水十条”;同年,深圳市为了贯彻国家“水十条”的污染防治行动计划,制定了深圳市“水十条”,同时,编制了《深圳市水务发展“十三五”规划》和《深圳市污水管网建设规划(2015—2020)》。规划指出,“十三五”期间规划新建污水管网4 260 km,其中缺口最大的宝安区新增管网1 443 km;新

增污水处理规模为  $201 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 提标改造规模为  $347 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。在此背景下, 深圳开启了新一轮流域水环境治理, 采取全新的治理模式, 打破过去治水零敲碎打的模式, 采用流域打包, 由统一的机构来负责污水系统的建设实施, 重点推进控源截污工程, 从系统上考虑片区上下游排水设施的建设与完善。并确定目标, 到 2020 年, 基本建成路径完整、接驳顺畅、运转高效的污水收集输送系统, 原特区外雨污分流区域达到 70% 以上。

过去的 30 年, 深圳市在水污染治理方面做了大量工作, 水污染治理体系基本形成, 污水处理厂布局、污水收集骨干系统初步搭建完成。由于深圳市开发建设强度大、人口高度密集、产业高速发展等特点, 点源、面源污染负荷重, 而其大小河流的雨源性特点突出, 自净能力极其有限。尤其是原特区外污水支管网建设极不完善, 缺口量巨大, 且现有管网系统建设混乱, 导致清污不分, 雨污不分, 污水收集率不高。

茅洲河是深圳第一大河, 也是深圳乃至珠三角污染最严重的河流, 见证了深圳发展和污染的 30 年。为此根据茅洲河流域高密度建成区的特征, 并结合现有治理措施, 提出改造思路。

## 2 茅洲河流域高密度建成区典型特征

茅洲河流域横跨两市三地, 流域总面积为  $398.13 \text{ km}^2$ , 干流全长为  $41.6 \text{ km}$ , 共有支流 55 条。茅洲河流域最为典型的高密度聚集区为沙井、松岗两个街道, 其特征如下:

### ① 人口密度高

茅洲河流域的沙井和松岗两个街道总面积为  $114 \text{ km}^2$ , 人口约 190 万人。其中沙井街道下辖 29 个社区居委, 人口密度达  $21\,667 \text{ 人}/\text{km}^2$ , 松岗街道人口密度达  $9\,357 \text{ 人}/\text{km}^2$ 。人口密度之高, 居世界之最。

### ② 工业企业众多

深圳由 20 世纪 80 年代以传统农业为主的岭南小镇发展为现在的外资企业几千家、工商企业及私营个体企业几万家的劳动密集型工业重镇用了 30 年, 区域河道也被污染了近 30 年。工业企业面积为  $38 \text{ km}^2$ , 占比约 34%; 工业企业总数量为 1.2 万家, 其中环保重点督察的涉水企业 600 余家。工业污染成为茅洲河流域最大的污染源, 每天约有  $26 \times 10^4 \text{ m}^3$  工业废水直排入河。

### ③ 雨源性河道, 重水利轻市政

深圳的河道是南方典型的雨源性城市河流, 雨季河水陡涨陡落, 雨水径流基本与洪峰一致, 河流天然径流量小, 基本无自净能力, 环境容量小。而城市开发极大地改变了下垫面的属性, 地面径流增大, 地下建设大量排雨箱涵系统, 水利设施相当发达。在污水管网没有建设成型之前, 地面初期雨水径流变成面源污染进入雨水箱涵, 排雨箱涵实际变成合流箱涵, 成为各种污染物输送入河的主要通道。而要从现有合流箱涵调查清楚排污口情况, 剥离污水极为困难。

### ④ 老城区、城中村密集, 面源污染重

老城区尤其是城中村, 卫生清扫频率低, 且清扫效果不好, 加之城中村人口流动较大, 有较多的露天摊、餐饮场所, 单位面积的地面 COD、氨氮含量远高于其他地区。根据不同土地利用类型污染物单位面积的输出速率进行核算, 2015 年茅洲河流域雨水面源污染负荷 COD 和  $\text{NH}_3 - \text{N}$  分别为  $23\,615$ 、 $1\,507 \text{ t/a}$ , 占总排放污染物负荷的 19.0% 和 11.2%。

## 3 高密度建成区排水系统的选择与改造

深圳的建设者们在过去 30 年对排水系统建设做了大量的探索研究和实践, 积累了丰富的经验, 但也有刻骨铭心的教训。笔者认为, 深圳市高密度建成区排水系统的选择和改造应基于以下几点:

### ① 坚持“大分流, 小截流”的治理理念

在高密度建成区, 将一个完全合流制的区域改造成完全的分流制几乎不可能。但是控源截污工程, 整体上应建立在雨污分流体系之上, 即在整体推进雨污分流管网工程的同时, 对局部不能实施彻底雨污分流的区域实施截流, 接入分流制系统, 如老城区、沿河合流制排放口等。

### ② 面源污染

深圳对面源污染的收集及处理进行了大规模的实践, 建成了茅洲河、龙岗河、观澜河等截污箱涵工程。但总体效果不佳, 箱涵建成后没有改善河道黑臭的现状, 反而导致河道基流短缺, 水体污染反而有加重的趋势。笔者认为面源污染收集系统不宜在末端实施, 可在源头对难以分流的老城区、城中村进行小范围截流并设置调节措施(见图 2)。一方面可以避免生态基流被截流, 另一方面避免污水与大量生态基流混合, 加大末端污水处理厂运行管理的难度, 同时可解决末端大型调节池用地困难, 不能实施调



蓄处理的矛盾。

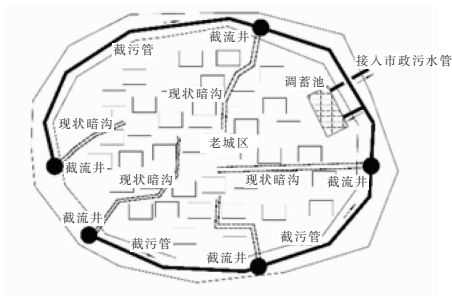


图2 老城区排水系统改造

Fig.2 Modification of sewage system in old urban districts

因此,现有面源污染的截污箱涵收集系统,应结合雨污分流推进,逐步改造成纯面源污染收集的通道,并做好截污箱涵的终端处理设施。未来截污箱涵的建设,也应立足于面源污染收集与削减,不宜与污水混合收集。

现有箱涵截流系统可进行以下改造(见图3):沿河截污管、合流暗渠与截污箱涵末端衔接时,不宜直接接入箱涵,可在接入之前增设转换井或分流井,将旱季污水接入周边污水管网。沿河截污管在近期承担入河排放口的截流任务,远期与截污箱涵协同,作为面源污染收集的通道。截污箱涵改造后,旱季不再承担污水收集功能,在雨季起到输送、调蓄初期雨水的作用。

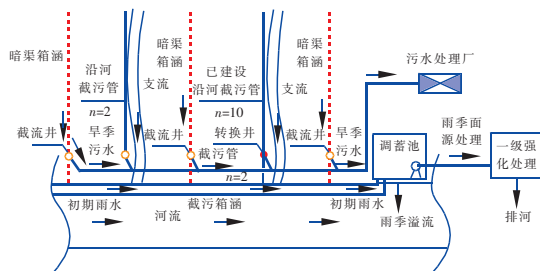


图3 大截排系统改造方案

Fig.3 Modification scheme of big intercepting box culverts system

### ③ 正确处理不同系统之间的衔接

目前,深圳排水系统比较混乱,同时存在分流制、截流式合流制、面源污染收集(初小雨)系统等不同的收集系统。在分流制和合流制并存的情况下,管道设计规模应根据远期规划,并结合现阶段截流式合流制的应用情况,近期以一定截流倍数的污水量进行校核,适当放大分流制管网规模。避免分流制管网变成截流倍数为零的合流制管道,否则在

合流污水冲击下,系统极易受到冲击破坏。截流式合流制系统的末端一般与分流管网相接,连接时应做好截污限流的措施。尤其针对大截流倍数的沿河截污管,在接入末端分流管道时,不宜直接连接,应增设分流井。面源污染收集系统应避免成为合流制收集系统,应注重系统之间的衔接。在设计系统时,就应考虑调节池用地的可能性,在用地落实之前不能盲目选择该系统。面源污染收集系统与城市污水收集与处理系统衔接时,应充分考虑城市污水处理系统的收集与处理能力,必要时应单独成系统处理。

## 4 结语

城市排水体制改造是一个技术复杂、投资巨大、系统且长期的过程,必须以城市水体生态环境优化为出发点和归宿点,以城市的总体规划和发展要求为导向,以现存排水体系为基础,以效益和经济为准绳,以最大限度提高污水收集率为目标,分步分阶段实施。

## 参考文献:

- [1] 王淑梅,王宝贞,曹向东,等. 对我国城市排水体制的探讨[J]. 中国给水排水,2007,23(12):16-21.  
Wang Shumei, Wang Baozhen, Cao Xiangdong, et al. Discussion on Chinese urban drainage system [J]. China Water & Wastewater, 2007, 23(12): 16-21 (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工作。

**E-mail:** lou\_sh@ecidi.com

**收稿日期:** 2018-02-25