

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.10.020

清污分流渠在珠海市黑臭水体整治中的应用

徐晓明, 杨国洪, 刘楷操
(珠海市规划设计研究院, 广东 珠海 519002)

摘 要: 珠海市一直重视排洪渠(河涌)的水环境整治提升工作,先后开展过包括各片区排洪渠的截污整治工程,通过清污分流、集中截流、涌边截流和局部排水改造等方式收集污水,但是截污效果不甚理想。对已实施的各种截污方式进行实地调查后发现,清污分流渠在南屏东排洪渠黑臭水体整治方面效果显著,能够充分实现合流制区域晴天污水全收集、全处理,雨天有效控制溢流污染的目标,同时避免引发内涝。通过对污染源的控制,后期辅以微生物修复、生态模拟、纳米曝气、水质提升等手段,共同对河道水体进行生态修复,基本实现了河涌水体的净化。

关键词: 黑臭水体; 清污分流; 初期雨水; 溢流污染

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)10-0113-06

Application of Sewage Diversion Channel in the Treatment of Black and Odorous Water Body in Zhuhai

XU Xiao-ming, YANG Guo-hong, LIU Kai-cai
(Zhuhai Institute of Urban Planning & Design, Zhuhai 519002, China)

Abstract: As the local government of Zhuhai has always attached importance to the water environment improvement of flood drainage canals (river branches), sewage interception and regulation projects in various districts have been carried out. Although sewage was collected by means of sewage separation, centralized interception, branch interception and partial drainage transformation, the effect of sewage interception was not satisfactory. After field investigation of various sewage interception practices implemented, it is found that the sewage separation canal has remarkable effect on the regulation of black and odorous water in east Nanping flood drainage canal, which can fully realize the goal of collecting and treating all these waste from confluence system area in sunny days and effectively controlling overflow pollution in rainy days, as well as avoiding waterlogging at the same time. By controlling pollution sources, combined with microbial remediation, ecological simulation, nano-aeration, water quality improvement and other means, the ecological remediation of river water was carried out, and the purification of river water was basically realized.

Key words: black and odorous water; sewage separation; initial rainwater; overflow pollution

广东省珠海市地处珠江口西岸,滨江临海,境内江河相间,珠江诸分流水道与当地河涌、排洪渠纵横

交织,全市共有现状河涌、排洪渠超过 200 条。珠海市政府一直重视排洪渠(河涌)的水质和景观提升

工作,先后开展过包括各片区排洪渠的截污整治工程,取得了一定的成效,但仍有部分地区存在雨污混接、错接,截污不彻底和新增排污口的问题,导致生活、生产污(废)水直接汇入河涌,造成水体出现黑臭现象。

自2015年国务院颁布“水十条”以来,为切实改善城市水生态环境,促进珠海市生态文明建设,珠海市开展了新一轮的黑臭水体整治工作。通过对已实施的各种截污方式进行实地调查发现,清污分流渠在黑臭水体整治方面效果显著,能够充分实现合流制区域晴天污水全收集、全处理,雨天有效控制溢流污染的目标,同时避免引发内涝。以珠海市南屏东排洪渠截污整治工程为例,详细阐述清污分流渠在黑臭水体整治过程中的应用效果。

1 工程概述

1.1 区域概况

南屏东排洪渠位于珠海市南湾城区东北部,是前山河的支渠,起点为南屏工业区山坳处,自南向北排入前山河,全长2.38 km,矩形过水断面,宽12~20 m,高2.5~3 m。南屏东排洪渠除收纳周边沿线路及村落雨水管网排水外,还承担南屏工业园排洪渠的排水。渠道自建成以来分别于2004年及2010年历经两轮截污整治工作,先后采取端点截污和沿线截污方式对污水进行收集,但效果欠佳,污水直排入渠造成下游前山河污染严重。

1.2 污染源分析

南屏东排洪渠污染源主要集中在珠海大道以北渠段,渠道东侧环屏路有现状D400截污管,采用沿线截污方式收纳南屏旧村污水;西侧为居民和教学区,基本无管位可用,污水截流后经跨渠倒虹管将污水接至东侧现状D400污水管内。由于现有截污方式粗放、截污管道规格偏小,导致污水溢流入渠现象较为普遍。由于附近城中村内污水管网尚未完善,目前又新增了10个排污口,南屏东排洪渠现状排污口总计有15个。

1.3 问题识别

① 渠道综合治理推进乏力,污水入渠造成水质污染。城中旧村雨污混流现象普遍,截污不彻底;污水系统覆盖不全面,且排水设施老旧、设计标准低,管网淤堵、破损等病害问题严重;小区管网错接、乱接现象突出;截污方式粗放,管养水平不高,且投入不足。

② 岸线违建侵占河岸、杂草丛生,景观识别性不强。渠道两岸乱搭、乱建、乱堆、乱放等现象严重,侵占河道行洪断面,河岸损坏严重,堤防道路不畅,危害汛期防洪安全。

③ 河道淤积影响水质。旱季渠道流速缓慢,入渠污染物淤积发臭;末端挡潮设施损毁,无补水措施。

1.4 综合整治

“黑臭在水里,根源在岸上,核心在管网,关键在排口”^[1],根据问题识别分析,补齐管网截污设施短板,以水质提升为主要目标,兼顾水系生态景观提升及环境综合整治,打造生态、功能、景观并重的生态水系;通过“控源截污、内源治理、清水补给、生态净化”相结合的技术路线最终实现“河畅、水清、堤固、岸绿、景美”的建设目标。

2 工程设计方案

2.1 排水体制选择

治理河涌黑臭问题,首要任务就是控源截污,而排水体制的选择影响到排水系统的设计、施工、维护和管理,同时也影响排水系统工程的投资、初期投资和运行管理费用。至于采用分流制还是截流式合流制排水系统,需要具体问题具体分析,合流制和分流制排水系统各有优劣势,重点在于扬长避短,解决主要矛盾,化解次要矛盾。

该工程所在区域为城乡结合部,旧村环绕,目前采用合流制排水系统,规划远期随着城市更新进行雨污分流改造。有研究表明,采用合流制排水系统的地区,如果渠道水体旱季都表现出黑臭现象,不是合流制系统不好,而主要在于旱天污水入渠及内源污染^[1]。因此,该工程维持现有合流制排水体制,重点解决旱季污水直排入渠问题,同时考虑对雨季溢流污染进行控制。

2.2 截污方案

2.2.1 截污方式选择

南屏东排洪渠自建成以来分别采用了集中截流、涌边截流和局部排水改造等方式收集污水,但是由于截流式合流制排水系统存在旱淤、雨溢的问题,因此,历次截污效果均不理想,具体体现在:污水系统不完善,覆盖不全面;排水设施老旧,设计标准低;污水管网淤堵、破损等病害严重,检修维护困难;新增排口难以有效截流。因此,在对历史截污设施利弊充分分析的基础上,采用河渠两侧内截污的形式

设置渠中渠,在雨季时截污槽内部空间也可作为行洪通道,超标雨水可从两侧预留孔直接溢出。这种方式可以很好解决雨污混接、错接,截污不彻底和新增排污口的问题,同时收集部分初雨。

该工程整治渠段长约为1 km,新建清污分流渠2 km。

清污分流渠平面布置见图1。



图1 清污分流渠平面布置

Fig.1 Plane layout of sewage and cleaning diversion channel

2.2.2 设计参数

① 设计水量

平均污水量为 $4\,200\text{ m}^3/\text{d}$,根据规划截流倍数取2.0,合流量为 $12\,600\text{ m}^3/\text{d}$ 。

② 清污分流渠断面设计

清污分流渠断面设计见图2。

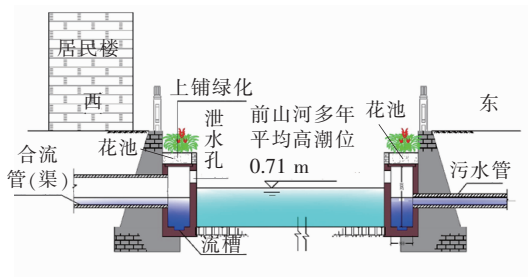


图2 清污分流渠断面

Fig.2 Cross-section of sewage and cleaning diversion channel

由于该工程渠道较宽,平时有少量山水下泄,同时两侧房屋无退缩距离,无条件铺设沿河截污管道,因此考虑沿河岸两侧设置清污分流渠,在不影响行洪前提下实施清污分流,污水走两侧边渠,山水走中间。为考虑清淤维护方便,清污分流渠内净宽为0.8 m,净高为1.8~2.0 m。旱季时污水量相对较少,为

防止渠内淤积,特在渠底设置流槽,槽宽为0.3 m,槽深为0.2 m,同时加大流槽坡度。污水在接入边渠前,均应设置拦污栅。

清污分流渠侧墙和底板均采用钢筋混凝土结构,为方便清淤,采用活动盖板。活动盖板为钢筋混凝土结构,长为980 mm,宽为500 mm,厚为100 mm,对角设置提孔,底部设泄水孔。为确保极端降雨情况下的行洪安全,考虑暗渠端部设置插板闸,在需要时打开行洪。

2.2.3 平、纵设计

清污分流渠整体沿现有渠道边墙设置,转弯处采用圆弧衔接,转弯半径不小于5倍渠宽。由于现状排洪渠道坡度较缓(约0.05%),故结合排洪渠内源治理对现状渠道进行调坡,调整后的排洪渠坡度为0.1%。为保证旱季时清污分流渠内不致淤积,除在内部设置流槽外,还通过边渠内部调坡,使流槽坡度 $\geq 0.2\%$ 。在旱季设计流量下,流槽设计流速 $\geq 0.7\text{ m/s}$ 。

2.3 景观设计

为美化排洪渠景观,考虑在清污分流渠顶设置花池,并进行景观绿化。景观花池净宽为1.07 m,采用M7.5水泥砂浆砌MU10灰砂砖墙,墙厚为180 cm,外壁采用1:2水泥砂浆抹面20 mm。花池平均每间隔20 m设置2 m宽检修活动盖板。绿化植物采用水红勒杜鹃,平均间隔1 m进行栽种。

同时,为使渠道岸线贯通,考虑对渠道东侧违章建筑进行清除,设置宽约6 m的游步道。结合LID理念采用透水环保砖铺装,两侧绿化树种尽量保留,清除杂木后,进行草皮复绿。

2.4 生态修复

当控源截污问题解决后,就需要考虑如何提升渠道的水环境。由于渠道末端受前山河潮位顶托,渠内水体随潮水呈推流式来回跌宕,而旱季仅有少量山水补充,水体难以得到有效更新。为补充河道水源,营造水景观,考虑间隔500 m设置50 cm高溢流堰,末端设置补水泵站将前山河水质较好渠段的河水作为补水水源,维持河道低水位运行。同时,为了营造生境,除对河道底部进行硬底化拆除外,还考虑采用组合式水生态技术,设置景观曝气喷泉和生态浮岛,在一定程度上补充渠道溶解氧,起到生物净化作用。

南屏东排洪渠整治前、后对比见图3。



图3 南屏东排洪渠整治前、后实景对比

Fig. 3 Contrast scene of east Nanping drainage channel before and after regulation

3 防洪及合流制溢流污染控制

3.1 清污分流渠溢流口设计

为确保两侧合流管渠雨季时排水顺畅,还需防止旱季时潮水倒灌,清污分流渠溢流口高度须根据前山河潮位确定。前山河最高水位多年平均为0.71 m,则泄水孔最低标高按0.71 m设置;若排污口管底标高>0.71 m,则泄水口标高按管底标高取值(见图4)。

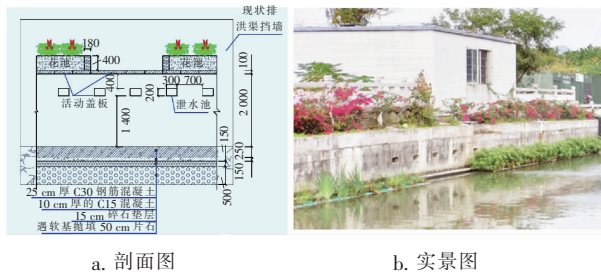


图4 清污分流渠溢流孔设计

Fig. 4 Design of spillway hole for sewage and cleaning diversion channel

3.2 防洪影响分析

为了解新建清污分流渠对南屏东排洪渠周边区域雨水及防洪问题的影响,对排洪渠现状洪水水面线及新建清污分流渠后的洪水水面线进行校核。由于清污分流渠本身内部空间也可作为行洪通道,在设计暴雨标准下,打开清污分流渠末端插板闸可以加速行洪。

根据《水利工程水利计算规范》(SL 104—2015)第4.1.7条“对于干支流洪水、河湖(水库)洪水相互顶托的河段,应分析其洪水组合和遭遇规律,进行不同组合情况的水面线推算,以上包线作为设计水面线”,本次洪潮遭遇组合方案考虑采用以下两种:①组合方案I,以前山河发生最高洪潮水位为主,遭遇相应排洪渠洪水;②以排洪渠洪水为主,遭遇相应洪潮水位。取以上两种水面线的外包线作为

设计水面线。以前山河50年一遇高潮位(1.99 m)作为设计最高潮位,以多年平均高潮位(0.71 m)作为排洪渠遭遇的相应洪潮位,已足够安全。

根据洪水水面线计算结果,现状排洪渠未采取任何工程措施前能满足行洪要求;在排洪渠下游段(末端1 km)两侧新建清污分流渠后一定程度上减小了行洪断面并造成水面线壅高,最高处壅高10~13 cm。经分析现状渠道淤积严重,渠底孤石、块石较多,通过对排洪渠全线进行清淤平整,可在降低综合糙率的同时扩大行洪断面,因此通过工程补救措施还可降低现状洪水水面线。根据防洪演算,新建清污分流渠后采取工程补救措施,完工后洪水水面线较现状洪水水面线相同渠段最高处低18 cm,增加了行洪能力。

3.3 合流制溢流污染分析及控制措施

3.3.1 溢流污染分析

采用截流式合流制排水系统,根据规划截流倍数取2.0,因此清污分流渠建成后至少应截流3倍的平均日污水量,以确保旱季污水全部收集,雨季初雨得到部分截流的效果,故下游排出口限流控制量为12 600 m³/d。由于项目周边属于城乡结合部,市场、商户等密布环绕,由初雨冲刷路面造成的面源污染也不可忽视,因此,需考虑对合流制溢流污染进行核算。

清污分流渠尺寸为0.8 m×2.0 m,根据前山河多年平均潮位设置了最低溢流口标高(0.71 m),其发生溢流时的内部空间比设计截流倍数下占用的容积要大得多,因此,此部分空间可作为部分初雨的调蓄空间,其作用类似于在线调蓄池(串联调蓄)。根据这部分调蓄空间,结合汇水面积及径流系数可求得超过截流倍数的设计降雨强度,再加上原设计本身截流的雨水量,即可得出控制的降雨量,超过这一降雨量即发生溢流。计算公式如下:

$$i_y = V / (10t_i F \Psi) + n_0 \cdot i_{dr} \quad (1)$$

式中 i_y ——截流调蓄系统设计降雨强度,mm/h

V ——清污分流渠调蓄空间,m³

F ——汇水面积,hm²

Ψ ——径流系数

n_0 ——截流倍数

t_i ——调蓄时间,宜采用0.5~1 h,当合流制排水系统雨天溢流污水水质在单次降雨事件中无明显初期效应时,取上限;

反之,可取下限

i_{dr} ——早流污水当量降雨强度, mm/h, 由

$$Q_{dr}=10i_{dr}F\Psi$$
 推导得出

计算结果见表 1。

表 1 清污分流渠截流调蓄系统计算参数

Tab. 1 Calculating parameters for sewage and cleaning diversion channel interception and storage system

参 数	东侧边渠	西侧边渠
建设长度/m	1 000	1 000
雨水汇水面积/hm ²	24. 1	35. 1
径流系数(Ψ)	0. 6	0. 6
旱季平均日污水量/(m ³ ·h ⁻¹)	71. 2	103. 8
早流污水当量降雨强度/(mm·h ⁻¹)	0. 5	0. 5
截流倍数(n_0)	2	2
设计截流雨水当量降雨强度/(mm·h ⁻¹)	1	1
调蓄容积/m ³	246. 4	224
调蓄池进水时间 t_i /h	0. 5	0. 5
设计降雨量/(mm·h ⁻¹)	4. 4	3. 1

清污分流渠截流雨水量等同于其对应降雨强度下的降雨量,当降雨强度 > 3. 1 mm/h 时,西侧边渠发生溢流污染;降雨强度 > 4. 4 mm/h 时,东侧边渠发生溢流污染。但是,相对于截流倍数 2. 0 条件下的当量设计雨水截流量 1 mm/h,初期雨水截流量均有较大幅度的提高。为得出降雨强度与降雨量的关系,根据珠海市 2018 年逐日逐时降雨资料,以早流污水当量降雨强度 0. 5 mm/h 划分强度区间,计算小于该降雨强度的累积降雨量^[2],结果见表 2。

表 2 降雨资料统计

Tab. 2 Statistics of rainfall data

平均降雨强度/(mm·h ⁻¹)	累积降雨量/mm
0. 5	45. 5
1. 0	104. 3
1. 5	155. 6
2. 0	198. 4
2. 5	259. 5
3. 0	312. 6
3. 5	371. 7
4. 0	390. 9
4. 5	416. 5
5. 0	440. 7
...	...
24. 5	1 005. 0
28. 0	1 032. 9
38. 5	1 071. 4

根据表 2,采用内插法计算得出降雨强度为 4. 4

mm/h 时对应的累积降雨量为 411. 4 mm,占全年总降雨量(1 071. 4 mm)的 38. 4%;降雨强度为 3. 1 mm/h 时对应的累积降雨量为 324. 4 mm,占全年总降雨量(1 071. 4 mm)的 30. 3%。因此,东、西两侧边渠 2018 年仍约有 61. 6% ~ 69. 7% 外排水量。

3. 3. 2 合流制溢流污染控制措施

采用清污分流渠相对于常规截流井逢雨必溢,在一定程度上提高了截流倍数,减少了外排水量,但是仍有较大的溢流污染风险。因此,应当采取一定措施来削减溢流污染量,实现旱天和小雨全截流、全处理、全达标,中雨和大雨少溢流、少排放、少污染。

① 构建微元净化系统,实施源头海绵减排。仇保兴在第十二届中国城镇水务大会上指出,城市水务需要转型,转型的方向就是微循环。从机械式基建化的处理转向小型分散有机化处理的模式,通过大系统分解构建微循环,让每一个行为人通过创立绿色生态方式和生产方式形成自然的绿色生态城市。对于城市面源污染削减而言,构建微绿地、微渗透形成微净化单元,通过低影响开发(LID)设施来实现源头净化减排,可有效削减合流制溢流(CSO)水量和次数^[3]。

② 实施管网修复,加强清淤维护。通过管道系统的原位修复减少地下水的渗水量,减少“水量型”外溢;而合流制管道内旱季沉积的污染物是控制 CSO 污染物的重要来源,通过管道的冲洗可减少污染物“水质型”外溢^[4]。

③ 厂网协调,提高 CSO 在线处理能力。就珠海市目前而言,污水厂仅考虑了部分合流制截流雨水处理量,因此一味提高截流倍数是不恰当的。可适当考虑增大污水处理厂一级处理能力或采取 CSO 就地处理相结合的方式对截流污水进行处理。

4 结语

城市黑臭水体整治首要任务是弄清楚水体黑臭的原因,对症下药,选择合适的排水体制很重要,不能一刀切说合流制系统不好。基于南屏东排洪渠截污整治工程合流制排水系统现状,对原有截污体系进行了重建优化,最终采用清污分流渠的截流形式。经实践检验,清污分流渠能够很好地解决雨污混接、错接,截污不彻底和新增排污口的问题,充分实现了合流制区域晴天污水全收集、全处理,雨天有效控制溢流污染的目标,同时避免引发内涝。控源截污后辅以河道补水、生态修复技术并营造水景观,最终取

得了较好的治污效果。根据2018年环保督查民意征调结果,群众满意度在85%以上,达到了预期整治效果。

参考文献:

- [1] 王家卓,胡应均,张春洋,等. 对我国合流制排水系统及其溢流污染控制的思考[J]. 环境保护,2018,46(17):14-19.
Wang Jiazhao, Hu Yingjun, Zhang Chunyang, et al. Some perspectives on combined sewer system and its overflow control in China[J]. Environmental Protection, 2018, 46(17):14-19(in Chinese).
- [2] 张勤,李慧,刘阳,等. 合流制排水系统溢流调蓄池容积计算方法初探[J]. 中国给水排水,2015,31(23):139-141.
Zhang Qin, Li Hui, Liu Yang, et al. Research on volume calculation of rainwater storage tank in combined sewer system[J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(23):139-141(in Chinese).
- [3] 张颖,李田. LID措施降低老城区合流制溢流污染的模拟研究[J]. 中国给水排水,2016,32(11):127-131.
Zhang Ying, Li Tian. Simulation on LID measures for control of combined sewer overflows in existing urban areas[J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(11):

127-131(in Chinese).

- [4] 刘燕,尹澄清,车伍,等. 合流制溢流污水污染控制技术研究进展[J]. 给水排水,2009,35(S):282-287.
Liu Yan, Yin Chengqing, Che Wu, et al. Research progress of combined sewerage overflow pollution control technology[J]. Water & Wastewater Engineering, 2009, 35(S):282-287(in Chinese).



作者简介:徐晓明(1976-),男,浙江常山人,大学本科,高级工程师,主要从事市政给排水、河道治理、海绵城市、综合管廊等规划咨询和设计工作。

E-mail: xuengeer@126.com

收稿日期:2019-08-08

· 信息 ·

《中国给水排水》杂志第一届青年编委会名单

2020年3月我们在《中国给水排水》微信平台发布招募青年编委的通知后,得到了业内的积极响应。综合考虑学历、职称、研究方向、学术水平和地区分布等因素,经过审核,共有123位候选人将成为《中国给水排水》杂志第一届青年编委会的委员。

具体名单如下(按姓氏拼音为序):

曹效鑫	柴宏祥	陈超	陈垚	陈重军	陈朱琦	程庆锋	楚文海	褚华强	丁安	董慧峪
董紫君	范功端	方艳芬	高品	宫徽	宫永伟	郭洪光	韩京龙	汉京超	何小松	金鑫
孔强	孔令为	李尔	李杰	李静	李凯	李森	李楠	李宁	李朋	李彭
李晓	李昂臻	李海翔	李梦凯	李彦澄	梁恒	刘俊	刘强	刘东风	刘然彬	刘艳臣
刘永泽	刘正乾	刘志刚	柳君侠	卢金锁	吕聪	吕建波	吕永鹏	马宁	马文成	梅晓洁
孟佳	牛佳	彭森	蒲贵兵	乔海兵	瞿芳术	任柏铭	舒诗湖	宋阳	孙婧	孙洪伟
孙永军	谈超群	唐嘉陵	陶辉	田家宇	万春黎	王虹	王鲁	王硕	王伟	王旭
王冬波	王海波	王弘宇	王军静	王盼盼	王舜和	王文亮	王新华	王昭阳	魏亮亮	魏燕杰
魏忠庆	文刚	吴迪	吴莉娜	吴晓歌	吴远远	徐鹏	徐微	杨国靖	杨磊三	尹文超
尤世界	于建伟	俞露	张晋	张军	张磊	张萌	张涛	张多英	张国宇	张海涵
张立秋	张芹藻	张天阳	张显忠	张翔凌	张欣然	郑成志	钟丹	周鑫	周传庭	周明华
周石磊	朱易春									

(本刊编辑部)