

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.16.016

# 广州市马涌涌底调蓄系统工程设计

李昀涛

(广州市市政工程设计研究总院有限公司, 广东 广州 510060)

**摘要:** 广州市马涌流域采用截流式合流制排水系统,雨季溢流污染严重。为提升马涌水质,实施马涌涌底调蓄系统工程,雨季溢流污染收集目标设定为8~10 mm初期雨水。考虑到河涌两岸不具备建设调蓄设施的条件,且溢流口沿河涌呈线性分布,创新性地将在河涌底部,并用大口径涌底管道串联起来,在沿途各溢流口设置入流井,可有效缓解马涌流域溢流污染。

**关键词:** 截流式合流制排水系统; 溢流污染控制; 调蓄系统

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)16-0086-05

## Design of Machong River Bottom Regulation System Project in Guangzhou City

LI Yun-tao

(Guangzhou Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Guangzhou 510060, China)

**Abstract:** The current drainage system of the Guangzhou Machong River basin was intercepting combined drainage system, and the overflow pollution was serious in rainy season. In order to improve the water quality of Machong River, the project of Machong River bottom regulation system was implemented, and the target of overflow pollution collection in rainy season is 8-10 mm initial rainwater. Because there were no conditions for the construction of storage facilities on both sides of the river, and the overflow outlets were linearly distributed along the river, four storage tanks were constructed in the bottom of the river, which was connected with large-diameter bottom pipes in series. Inflow wells were set at each overflow outlet, which can effectively alleviate the overflow pollution problem of Machong River basin.

**Key words:** intercepting combined system; overflow pollution control; detention system

### 1 项目背景与设计思路

马涌位于房屋密集、人口稠密的广州市海珠区西部,全长为5.94 km,东接珠江前航道,西接珠江后航道,河涌宽度为22~30 m。两岸退缩带宽度为4~6 m,部分节点房屋紧贴河涌。沿河涌建有桥梁16座,包括7座交通繁忙的主干道路桥。马涌两岸分布有10条支涌,分布位置见图1,已全部覆盖为暗渠,并以10条暗渠为骨架,在流域内形成了以合流制为主的排水体制,纳污范围的生活污水主要通

过暗渠直排马涌,对水体造成严重污染。为此,马涌截污工程于2003年建设完成,沿马涌两岸敷设截污管,管径DN400~1 650,截流倍数 $n=1.0$ ,将直排河涌的污染源全部收集输送至污水处理厂,极大改善了马涌水质。

广州市年均降雨量为1 623.6~1 899.8 mm,年均降雨天数超过130 d。马涌截污管截流倍数有限,降雨期溢流频繁,合流排水系统内积存的污水、垃圾与底泥溢入涌内<sup>[1]</sup>。根据2006年—2012年降雨数

据估算,马涌流域合流污水溢流量为  $667 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ ,导致马涌水质长期维持在劣 V 类。



图1 马涌主涌与支涌分布

Fig. 1 Distribution of main and branch streams in Machong River

溢流污染控制存在以下困难:①马涌流域地处广州市中心区,人口约60万人,河涌两岸房屋密集,征拆费用昂贵,缺乏建设溢流污染控制设施的场地,施工严重影响周边居民;②马涌全长5.94 km,沿线分布有32个溢流口,溢流污染呈线性分布,常规点状分布的调蓄池无法满足线性溢流污染收集。

由于马涌宽度为 22~30 m,具备建设调蓄池的条件,因此创新性地将调蓄池建设在河涌底部,并结合溢流口的线性分布将调蓄池用大口径涌底管串联起来形成线性调蓄系统,既满足调蓄规模又契合溢流口分布特征,使初雨得到有效收集。

## 2 设计标准与参数研究

根据《广州市中心城区排水控制性详细规划》对马涌流域雨季溢流污染控制要求,确定工程目标为“削削减 70% 以上溢流污染物或 8 ~ 10 mm 初期雨水收集量确定初雨收集规模”<sup>[2]</sup>。马涌流域集雨范围见图 2。

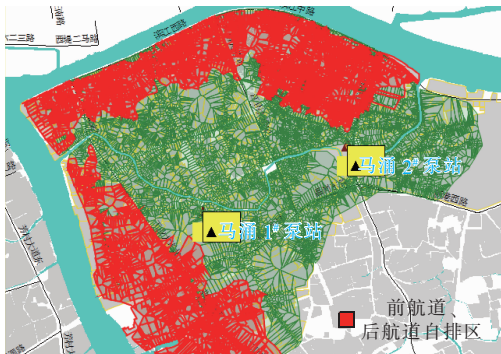


图 2 马涌流域集雨面积范围

Fig. 2 Catchment area of Machong River basin

扣除就近排入前航道和后航道的汇水面积,马涌雨水汇水面积 $8.06 \text{ km}^2$ ,确定初期雨水收集目标为 $(6.45 \sim 8.06) \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

为研究雨季马涌溢流污染物特征,对马涌 4 个主要溢流点溢流水质变化过程进行持续监测,选取典型的 12 场降雨实测数据样本进行统计分析。根据降雨历时的不同分为 3 类,即降雨历时  $\leq 1$  h (短)、降雨历时 1~2 h (中)、2 h 以上历时 (长) 降雨,进行不同降雨历时下溢流出水 COD 变化过程分析。不同历时降雨 COD 变化曲线见图 3。

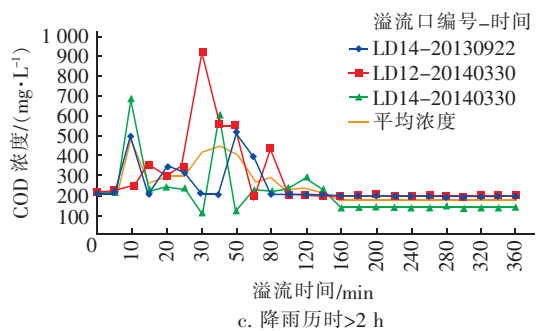
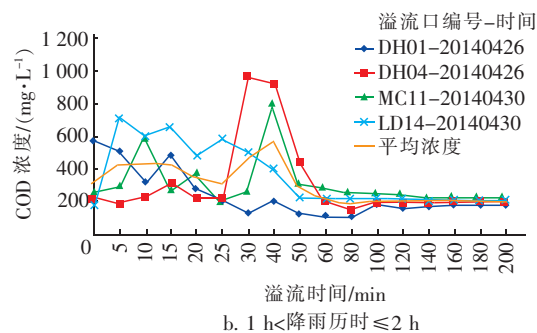
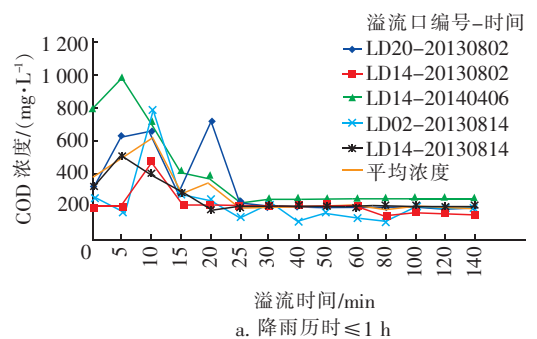


图3 马涌溢流污染变化曲线

Fig. 3 Variation curve of overflow pollution in Machong River

可见,马涌流域降雨发生 5 ~ 15 min 时,溢流污水 COD 浓度在本底污水、地表冲刷、管道沉积物 3 方面影响下出现 300 ~ 400 mg/L 的第一个突跃,持续时间约 15 min;降雨发生 25 ~ 50 min 时,管渠累积沉积物被合流污水完全冲出,产生 300 ~ 500 mg/L 的第二个突跃,该现象在 1 ~ 2 h 降雨历时过程

达到相对理想的的污染物收集效果。

根据上述研究,确定马涌调蓄系统设计雨季运行最长时间为 2 h,在控制工程建设规模的情况下,

设计选取了涌边调蓄渠箱、涌边调蓄池、涌底管与调蓄池结合等 3 种方案,具体比选见表 1。

Tab. 1 Scheme selection of Machong River regulation project

项 目	涌边调蓄渠箱方案	涌边调蓄池方案	涌底管与调蓄池结合
建设内容	废除现状截污管道,结合堤岸新建截污调蓄渠箱,规格 2.5 m × 2.5 m,长度 9.7 km	在 6 条主要支涌暗渠口建设调蓄池 6 座,调蓄规模 $8 \times 10^4 \text{ m}^3$	涌底调蓄池 4 座,规模 $3.68 \times 10^4 \text{ m}^3$ ; DN1 800 ~ 3 000 管道 3.79 km;配套入流井 20 处
征地拆迁及桥梁、房屋保护	房屋拆迁 4 620 m <sup>2</sup> ;房屋保护 3 150 延米;桥梁保护 14 座	征地面积 18 320 m <sup>2</sup> ,拆迁面积 57 794 m <sup>2</sup>	无征地拆迁;堤岸破除与修复 660 m,房屋保护 260 延米
施工对周边影响	施工场地占据河涌退缩带,现状堤岸与截污管道全部破除,对周边居民生活出行造成严重影响	调蓄池位于居民集中区,征拆大量房屋,对周边居民生活出行造成较大影响	施工期不影响原有截污系统正常运行;主要施工场所位于河涌内,对周边房屋安全、居民的出行等影响较小
实施难度	施工破坏现状截污管道,施工期长达 2 年,施工期无法达到 100% 污水临时导流是本方案最大难点	调蓄池选址与用地落实困难,征拆问题是本方案最大难点	调蓄池与管道建设在涌底,施工期长达 2 年,施工期内的防洪导排是本工程的最大难点
建设费用/亿元	建安费:2.42 征拆费:1.07	建安费:1.28 征拆费:9.41	建安费:3.02 征拆费:0.09
可行性分析	马涌流域人口 60 万人,污水量为 $23 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,施工期不可避免污水外溢导致项目无法推进	调蓄池的选址与征拆遭遇了巨大困难,项目投资巨大,难以推进	方案基本解决了外部困难,立项与规划均可顺利推进,实施存在的难点主要集中于可控的技术因素

从工程投资与实际推进建设的可行性方面分析,涌底管与调蓄池结合的实施方案具有明显优势。

涌底调蓄系统,用于初期雨水的入流控制;涌底管用于串联调蓄池、初期雨水输送并兼具调蓄功能;调蓄池是主要调蓄设施;终点泵站将调蓄污水输送至处理设施。

马涌涌底调蓄系统建设内容包括入流井、涌底管、调蓄池与终点泵站。入流井衔接溢流排放口与

项目总体方案见图4。

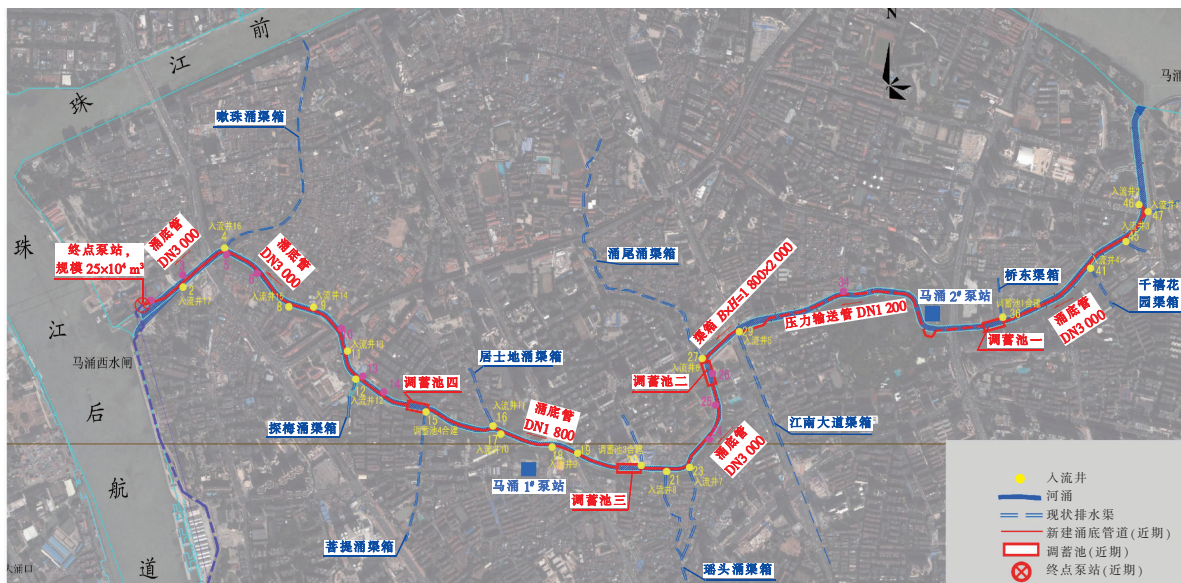


图 4 马涌涌底调蓄系统方案

Fig. 4 Scheme of Machong River bottom regulation system



马涌截污管道设有溢流拍门32处。由于截污管道可输送部分初期雨水,为降低工程难度与建设费用,仅在规格 $> d1\ 000\text{ mm}$ 的20处溢流拍门处设置入流井。入流井由格栅、入流闸门、溢流闸门、冲洗设施、水位监控设施等构成。旱季入流闸门关闭,溢流闸门关闭,污水经截污管道排往污水泵站;降雨初期入流闸门开启,溢流闸门关闭,雨污混合液通过入流井进入涌底调蓄系统;当达到预定初期雨水收集规模后,入流闸门关闭,溢流闸门开启,后续降雨溢流至河涌。典型入流井平面构造见图5。

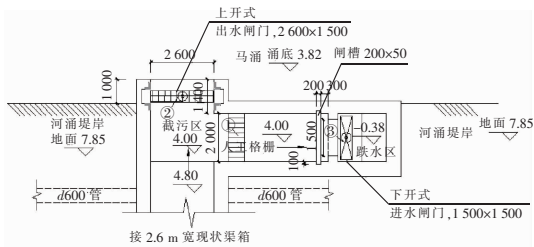


图5 典型入流井平面示意

Fig. 5 Plane diagram of typical inflow well

涌底管承担串联调蓄池、初期雨水输送与调蓄功能,全长为3.79 km,管径以DN3 000为主,局部为避让桥梁支墩缩小为DN1 800,管道调蓄总规模 $2.24 \times 10^4\text{ m}^3$ ;管道设计水力坡度为0.1%;管材采用加厚钢管;为保护管道与满足抗浮要求,覆土不小于1.0 m;为避免埋深过大,管道分为东西两段,中间由调蓄池泵站及压力管道连接。

设置调蓄池4座,单池容积为 $(0.77 \sim 1.03) \times 10^4\text{ m}^3$ ,总容积为 $3.68 \times 10^4\text{ m}^3$ 。

典型调蓄池平面布置见图6。

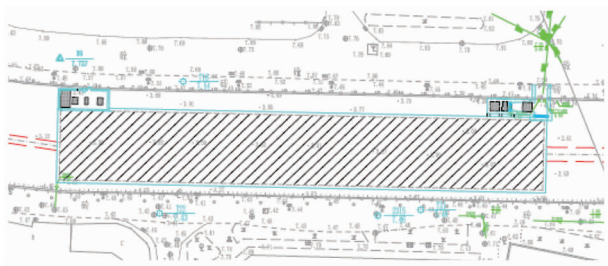


图6 典型调蓄池平面示意

Fig. 6 Plane diagram of typical storage tank

调蓄池由池体、冲洗设施、提升泵系统、通风与除臭系统、人员通道等构成。调蓄池分为上、下两层。上层为超越廊道,与涌底管高程衔接。雨量较小时,进入调蓄系统的初期雨水可通过超越廊道沿

涌底管自流至终点泵站;当雨量超过涌底管储存能力时,自超越廊道溢流进入调蓄池下层;雨后调蓄池下层储存的初期雨水通过水泵提升回超越廊道,分层结构可减少调蓄池冲洗维护频率。

终点泵站设计运行规模为 $1.04 \times 10^4\text{ m}^3/\text{h}$ ,具备输送初雨与提供动态调蓄规模两个功能。降雨期最大运行时间为2 h,提供最大动态调蓄规模为 $2.08 \times 10^4\text{ m}^3$ ;降雨后5.7 h排空调蓄系统。涌底管道、调蓄池及终点泵站合计提供静态调蓄规模为 $5.92 \times 10^4\text{ m}^3$ ,动态最大调蓄规模为 $2.08 \times 10^4\text{ m}^3$ 。

## 5 施工措施

广州全年降雨集中在4月—9月,10月—翌年3月为少雨季节。由于施工占据部分河道,为降低内涝风险,施工期严格限制在10月—翌年3月。

施工围堰与行洪是施工措施中的难点。结合马涌东西两端与珠江相连,且具备建有水利闸门和排涝泵站的有利条件,利用现有水利设施预降河涌水位至1 m以下。将整个施工场地沿河涌分为15段,单段长度最长不超过300 m,采用土石围堰做横向全断面截流后逐段开展施工,控制围堰高度1.5 m。堰外行洪利用河道预降水位及排涝泵,堰内设强排泵将雨水抽排到堰外。如遇强降雨,撤离施工机械与人员,水位漫过堰顶,利用堰顶上部空间辅助行洪。

穿越桥梁的施工方案与桥梁保护是施工措施中另外一个难点。过桥段采用明挖施工,支护方式采用小型钢管桩+内支撑。由于桥下净空小,机械无法进场,管槽施工完后,在基坑底铺上两个型钢轨道,刷润滑油,钢管放置在轨道上,通过后推前进的辅助方式,穿过受桥下净空限制段。施工过程中,采用水平撑和斜撑进行桥梁保护,并做好桥梁监测工作。

## 6 运行与维护

马涌涌底调蓄系统在功能上分为旱季与雨季两个不同的工况:旱季作为河涌两岸截污管道的辅助设施,在截污系统发生意外或泵站检修时作为应急污水存储系统;雨季作为初期雨水收集系统,降低溢流污染对河涌水质的影响;达到设定初雨收集规模后,关闭调蓄系统,雨水溢流进入河涌。整个系统运行控制流程见图7。

清疏维护采用水力冲洗为主、人工冲洗为辅的清疏方式。冲洗设施采用水力拦蓄冲洗门;在调蓄

池设置人孔与通风设施,在配备防护措施的情况下定期对调蓄池内部和涌底管进行人工疏通。

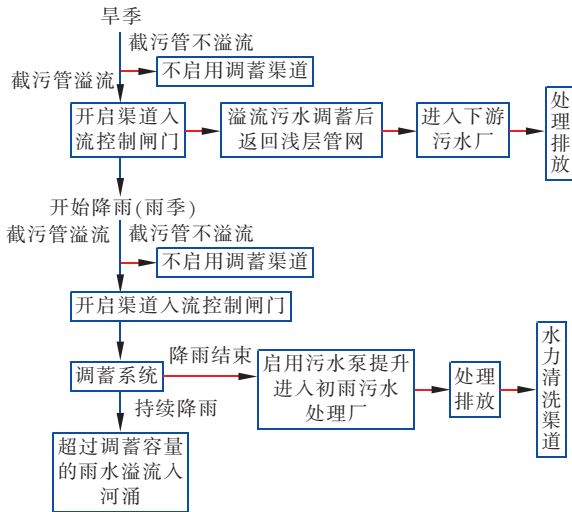


图7 系统运行控制流程

Fig. 7 Flow chart of system operation control

## 7 运行效果模拟

本工程调蓄容量包括静态调蓄容量与动态调蓄容量两部分,静态调蓄规模为  $5.92 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,动态最大调蓄规模为  $2.08 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。采用英国 Wallingford 公司 InfoWorks CS 排水模型对建设内容进行模拟<sup>[4]</sup>,截流初期雨水  $335 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ ,COD 溢流污染削减量为 74.1%,可有效降低马涌流域溢流污染。

本项目按设计方案已开展施工,目前完成调蓄池一、调蓄池四及部分涌底管施工,计划 2021 年完成整个工程建设。从已施工实际情况分析,施工期间对河涌水质的污染、施工场地侵占河段断面导致的内涝、施工车辆进出以及施工噪声引发的投诉等是施工期存在的主要问题;运行维护存在的问题需项目投入运行后做进一步的总结分析。

## 8 结语

将调蓄系统置于河道下,可减少征地拆迁,降低对周边居民的影响,是探索老旧城区截流式合流制排水系统溢流污染控制的有益尝试。

截流式合流制排水体制下的初雨污染强度更大,污染源沿河道线性分布。利用调蓄池与大口径涌底管将常规点状分布的调蓄池连接为线性的调蓄系统,既契合了污染源的分布,又将各调蓄池相互关联,形成独立于截污系统外的溢流污染控制管网系统,对溢流污染的收集与控制更加有效。

## 参考文献:

- [1] 黄容,赖泽辉,曹佳佳,等. 城市排水管网溢流模拟及污染控制研究——以广州市东濠涌为例[J]. 给水排水,2018,44(2):115-121.  
Huang Rong, Lai Zehui, Cao Jiajia, et al. Overflows simulation and pollution control of urban drainage network: A case study for Donghao Creek in Guangzhou [J]. Water & Wastewater Engineering, 2018, 44(2): 115-121 (in Chinese).
- [2] 广州市市政工程设计研究总院有限公司. 广州市中心城区排水控制性详细规划(2015—2030年)[M]. 广州:广州市水务局,2017.  
Guangzhou Municipal Engineering Design Research Institute Co., Ltd. Regulatory Detailed Drainage Planning of Guangzhou Central Urban Area (2015-2030) [M]. Guangzhou: Guangzhou Water Bureau, 2017 (in Chinese).
- [3] 颜晓斐. 上海市成都路合流污水调蓄池的污染减排效益及优化[J]. 中国给水排水,2010,26(8):6-10,14.  
Yan Xiaofei. Pollution reduction benefit and optimization measures of Chengdu combined sewage detention tank in Shanghai [J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(8): 6-10, 14 (in Chinese).
- [4] 陈怡龙. 调蓄池削减合流制溢流污染的水力模拟研究[J]. 中国给水排水,2019,35(17):123-128.  
Chen Yilong. Hydraulic simulation of reducing combined sewer overflow pollution by storage tank [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(17): 123-128 (in Chinese).



作者简介:李昀涛(1976—),男,四川三台人,硕士,高级工程师,从事市政给排水工程设计工作。

E-mail:71219599@qq.com

收稿日期:2020-01-06