

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.05.038

# 合流制箱涵末端水质净化站设计及运行分析

郑贤正<sup>1</sup>,蔡宽<sup>2</sup>,游俊勇<sup>2</sup>

[1.上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092;2.中国长江三峡集团有限公司,湖北 武汉 430010]

**摘要:**随着国家长江大保护行动计划的实施,长江流域一级支流黑臭水体河道亟需进行整治,以实现“清水绿岸,鱼翔浅底”的治理目标。重庆市花溪河为长江的一级支流,在其综合整治项目中,针对合流制箱涵溢流污染,提出了“源头雨污分流改造+末端新建水质净化站”的治理思路。其中土桥水质净化站的设计规模为1.0万m<sup>3</sup>/d,调蓄池设计容积为11000m<sup>3</sup>,出水执行准IV类标准。建成后的运行结果表明:在土桥箱涵排出的合流污水水量不同的工况下,通过采取末端截流、调蓄、净化等治理措施,土桥水质净化站运行正常,所排污水均达到排放标准并外排至花溪河。

**关键词:**合流污水;调蓄池;水质净化站;运行工况

**中图分类号:** X52

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2024)05-0158-04

## 0 引言

重庆市花溪河为长江的一级支流,发源于巴南区南彭街道花土湾,由东南流向西北,于李家沱街道马王坪处注入长江。花溪河干流长度为66.25km,河道流域总面积约为268.46km<sup>2</sup>,该流域人口约为50万人<sup>[1]</sup>。随着重庆市巴南区社会经济的高速发展,花溪河沿岸城镇化进程加快,大量生活污水、初期雨水、种植业废水、水产养殖废水等直排至花溪河,致使花溪河流域水质日趋恶劣,水体水质长期处于劣V类水体状态,并于2017年被列入住建部黑臭水体名单。

中共中央、国务院《关于全面加强生态环境保护,坚决打好污染防治攻坚战的意见》提出了“到2020年城市建成区黑臭水体消除比例达90%以上,长江流域基本消除劣V类水体”的目标。为落实党中央国务院决策部署,加强城市环境治理及修复,加快完成黑臭水质治理任务,实现“清水绿岸,鱼翔浅底”的治理目标,对花溪河进行综合整治已刻不容缓。

花溪河流域范围内有4根合流箱涵,分别为土桥、大山村、宗申和界石箱涵,箱涵来水主要由沿线生活污水、山溪水、地下水入渗和初期雨水构成,污

水直接排放至水体,严重污染河道,是导致花溪河水体出现黑臭现象的主要原因之一<sup>[2-3]</sup>。针对合流制箱涵溢流污染,花溪河综合整治工程采用的治理思路为“源头雨污分流改造+末端新建水质净化站”。水质净化站用于处理箱涵出口旱季污水和雨季合流污水,通过采用抗冲击负荷能力强的AAO+MBR处理工艺,将尾水排入花溪河,用于河道生态补水。本文介绍了其中土桥水质净化站的设计过程,以为同类型水质净化站的设计提供参考案例。

## 1 工程概况

土桥箱涵分成3根,横跨巴南区李家沱街道和花溪街道,呈现树状分布,为原花溪河支流加盖后作为雨水箱涵使用,如图1所示。土桥箱涵位于城市建成区,大部分箱涵路径位于已建小区底部,箱涵埋深较深,最深处达到37m,雨污混接的改造难度大。



图1 土桥箱涵

对土桥箱涵进行内窥和溯源调查后发现,土桥箱涵共有44处雨污混接,污水直排土桥箱涵,导致箱涵

收稿日期:2023-05-29

作者简介:郑贤正(1990—),男,硕士,工程师,从事给排水设计工作。

出水水质较差,严重污染花溪河水质。经分析,土桥箱涵共有 17 处污水管道不可改造,不可改造的污水量约为 2 600 m<sup>3</sup>/d。为解决土桥箱涵雨污分流不彻底的污水和雨季合流污水问题,防止污水直排花溪河,造成花溪河水质持续黑臭,需要在土桥箱涵出口新建水质净化站,用于处理箱涵出口的污水,处理达标后再用于花溪河的生态补水。

## 2 设计方案

### 2.1 设计规模与进出水质

土桥水质净化站位于花滩溪体育文化公园内,与体育文化公园融合建设。对重庆主城区历年降雨数据进行分析,得到截留倍数与溢流次数关系图,见图 2<sup>[4]</sup>。由图 2 可见,当截留倍数大于 3.0 时,溢流次数差别很小。

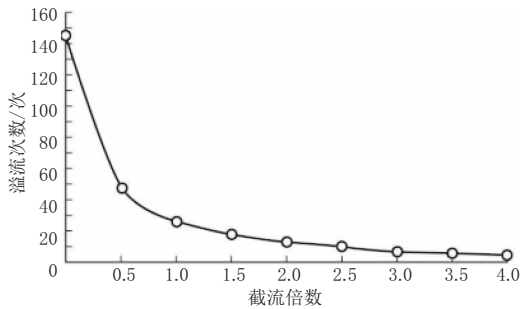


图 2 截留倍数与溢流次数关系图

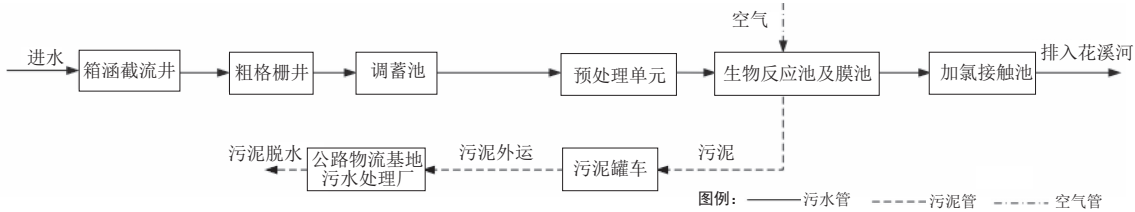


图 3 工艺流程图

### 2.3 厂区总体布置

土桥箱涵排口位于城市建成区,箱涵排口附近无预留市政设施用地,仅能布置于河道周边的公园绿地内,与花滩溪体育文化公园融合建设。土桥水质净化站可利用土地面积仅为 0.58 hm<sup>2</sup>,用地指标为 0.58 (m<sup>2</sup>·d)/m<sup>3</sup>。根据《城市排水工程规划规范》(GB 50318—2017),城市污水处理厂规划用地指标为 1.60(m<sup>2</sup>·d)/m<sup>3</sup>。由于净化站用地面积仅为规划指标的 1/3,因此水质净化站采用高度集约化布置。土桥水质净化站效果图如图 4 所示。

## 3 工艺设计

### 3.1 箱涵截流井

箱涵截流井建于土桥箱涵排口,采用钢筋混凝

经前述分析,土桥箱涵不可改造的污水量为 2 600 m<sup>3</sup>/d。水质净化站规模的确定需要考虑经济和环境效益的协调,故土桥箱涵的截留倍数取 3.0,水质净化站的设计规模为 1.0 万 m<sup>3</sup>/d。对土桥箱涵进行 SWMM 建模,在小雨溢流的工况下,经模拟调蓄池所需容积为 10 580 m<sup>3</sup>,故调蓄池设计容积取值为 11 000 m<sup>3</sup>。土桥水质净化站出水执行准 IV 类标准。

根据土桥箱涵排口连续水质监测数据的分析,水质净化站旱季和雨季的进水水质取值按 85%的保证率进行确定,最终确定的土桥水质净化站设计进出水水质见表 1。

| 污水类别   | 化学需氧量<br>COD <sub>cr</sub> | 生化需氧量<br>BOD <sub>5</sub> | 固体悬浮物<br>SS | 总氮<br>TN | 氨氮<br>NH <sub>3</sub> -N | 总磷<br>TP |
|--------|----------------------------|---------------------------|-------------|----------|--------------------------|----------|
| 进水(雨季) | 150                        | 50                        | 100         | 25       | 20                       | 2.0      |
| 进水(旱季) | 60                         | 30                        | 100         | 25       | 20                       | 2.0      |
| 出水     | 30                         | 6                         | 10          | 15       | 1.5                      | 0.3      |

### 2.2 工艺流程

土桥水质净化站采用 AAO+MBR 处理工艺,具体工艺流程图见图 3。



图 4 土桥水质净化站效果图

土结构,箱涵截流井尺寸为 24.0 m × 14.0 m。配备液控旋转堰门 2 台,尺寸为 2 000 mm × 1 500 mm。粗格栅除污机 2 台,粗格栅栅条间隙 50 mm。

### 3.2 调蓄池

调蓄池设计容积为 11 000 m<sup>3</sup>,调蓄池内分隔为

10个廊道(采取镜像对称布置,两边各5个廊道),每个廊道配置1套门式冲洗系统,门式冲洗系统用于冲洗廊道内沉积的泥沙。

### 3.3 预处理单元

预处理单元设计规模为1.0万m<sup>3</sup>/d,配置了细格栅(栅条间隙5mm)、平流沉砂池、精细格栅(栅条间隙1mm)。

### 3.4 生物反应池及膜池

生物反应池设计规模为1.0万m<sup>3</sup>/d,1座2池。生物反应池水力总停留时间HRT=7.0h,其中厌氧区1h,缺氧区3h,好氧区3h;污泥产率每天0.8kgTSS/kgBOD<sub>5</sub>。生化池水深8.5m,设计供气量30m<sup>3</sup>/min,气水比约4:1。厌氧区污泥浓度4.0g/L,缺氧区污泥浓度6.0g/L,好氧区污泥浓度8.0g/L,MBR池污泥浓度10.0g/L。MBR池至好氧池回流比为400%,好氧池至缺氧池回流比为300%,缺氧池至厌氧池回流比为200%。

膜池1座4池,单池配置3套膜箱,膜箱面积为2300m<sup>2</sup>,膜通量为15.09L/(m<sup>2</sup>·h)。

### 3.5 互联互通

李家沱截污干管位于土桥水质净化站旁,为了提升巴南区污水系统运行的安全性,将土桥水质净化站与李家沱截污干管进行互联互通。当土桥水质净化站进水水量异常时,可通过调蓄池内提升泵提升进入李家沱截污干管。当李家沱污水厂进行运维检修时或进水异常时,可将部分污水排入水质净化站进行处理,同时在水质净化站正常运行过程中可排入部分生活污水作为水质净化站的碳源,用于降

低水质净化站运行成本。

## 4 运行工况

根据《花溪河综合整治工程可行性研究报告》,花溪河河道断面考核时间为晴天或小雨,中雨和大雨停止3d后水质达标,其中:小雨、中雨、大雨的标准参照《降雨量等级》(GB/T 28592—2012)执行。故水质净化站的运行工况仅考虑晴天和小雨期间,中雨、大雨期间不考虑。

水质净化站用于处理箱涵出口的旱季雨污分流不彻底的污水和雨季初期雨水,由于箱涵出口旱季和雨季污水处理量变化较大,对水质净化站的运行控制要求高。本文针对水质净化站进水量的不同,分析出水质净化站有如下3种运行工况:(1)运行工况一:合流污水水量 $Q_1 \leq 0.6$ 万m<sup>3</sup>/d;(2)运行工况二:0.6万m<sup>3</sup>/d < 合流污水水量 $Q_2 \leq 1.0$ 万m<sup>3</sup>/d;(3)运行水量三:合流污水水量 $Q_3 \geq 1.0$ 万m<sup>3</sup>/d。

### 4.1 运行工况一

旱季时,若土桥箱涵排出的合流污水水量 $Q_1 \leq 0.6$ 万m<sup>3</sup>/d,此时污水量仅能满足水质净化站单组运行要求,而无法同时满足水质净化站2组同时运行的要求。由于土桥水质净化站位于李家沱截污干管旁,两者已经通过联通管实现了互联互通,因此,为确保旱季水质净化站的正常运行,在此种工况下,就需打开联通管上的电动阀,将李家沱截污干管的污水引入水质净化站,以保证水质净化站的处理水量达到60%,满足水质净化站正常运行的要求。运行工况一的工艺流程图如图5所示。

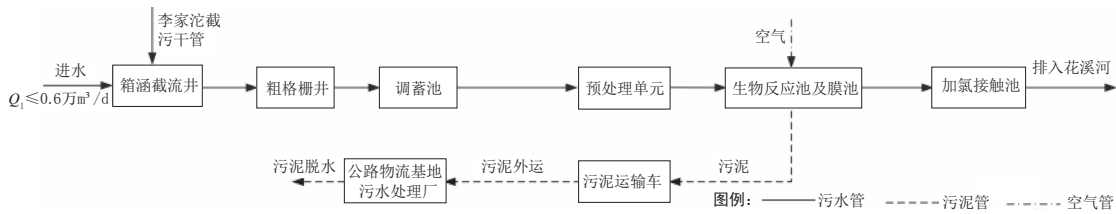


图5 运行工况一的工艺流程图(旱季)

### 4.2 运行工况二

旱季时,当箱涵晴天污水量 $0.6$ 万m<sup>3</sup>/d <  $Q_2 \leq 1.0$ 万m<sup>3</sup>/d时,箱涵出水全部截流进入调蓄池,经污水泵提升进入水质净化站进行处理,出水达标后外排至花溪河。调蓄池保持低水位运行,保证调蓄池内

有效容积。

降小雨时,初期雨水全部截流进入调蓄池,经污水泵提升后进入水质净化站进行处理。污泥经污泥罐车外运至周边污水处理厂进行脱水处理,最终资源化处置。运行工况二的工艺流程图如图6所示。

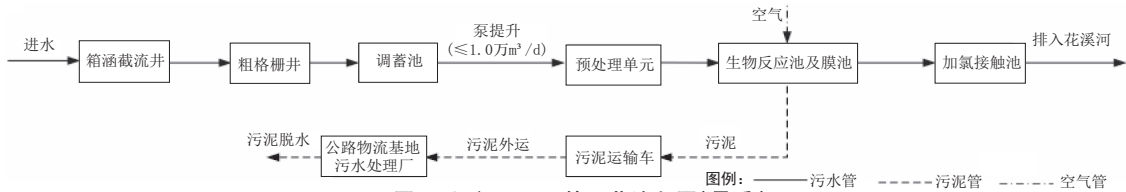


图6 运行工况二的工艺流程图(旱季)

4.3 运行工况三

水质净化站调蓄池内配置了截污泵系统,截污泵的提升能力为2.2万m³/d,调蓄池内污水可通过截污泵提升至李家沱截污干管,最终输送至李家沱污水处理厂进行处理。李家沱截污干管管径为DN1000,设计过流能力为6.47万m³/d,服务片区内污水量为3.61万m³/d,富余量为2.86万m³/d,满足水质净化站运维检修或水量异常等工况。

当晴天时,若截流进调蓄池内的污水量超过1.0万m³/d,则超出部分通过截污泵提升进入李家沱

截污干管,最终进入李家沱污水处理厂处理,以确保调蓄池有效容积,满足初期雨水截流需要。运行工况三旱季时的工艺流程图如图7所示。

降小雨时,初期雨水全部截流进调蓄池,此时箱涵内的合流污水持续截流进入调蓄池。调蓄池内的混合污水通过污水泵提升进入水质净化站进行处理,达标后外排至花溪河。降中雨及大雨时,调蓄池蓄满后,关闭箱涵截留井内的闸门,箱涵内雨水直接溢流进入花溪河。运行工况三雨季时的工艺流程图如图8所示。

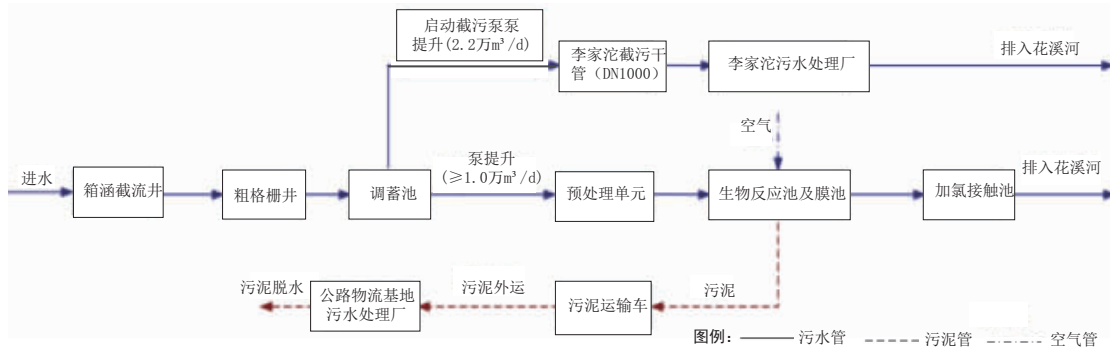


图7 运行工况三的工艺流程图(旱季)

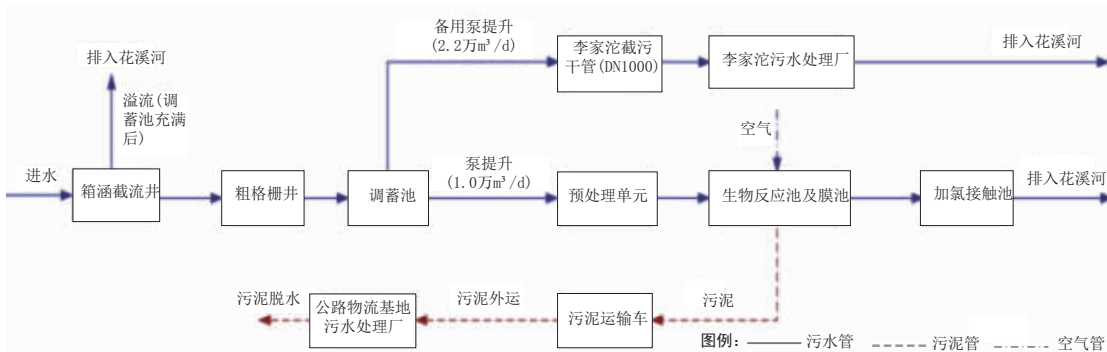


图8 运行工况三的工艺流程图(雨季)

5 结语

合流制污水溢流进入花溪河,是导致花溪河成为黑臭水体的主要原因之一。本文以土桥箱涵末端水质净化站为例,通过在箱涵末端新建调蓄池及水质净化站,对合流污水进行收集并处理,处理达标后外排至花溪河,以期为同类型的水质净化站提供设计参考案例。花溪河整治是个系统性工程,同时还需结合沿河排口整治、服务片区内雨污混接改造、建成区实施海绵城市、枯水期进行调水等工程措施,才能

实现花溪河水质的长治久清。

参考文献:

[1] 杜炯,贺力.山地城市水环境治理难点及解决路径探索[J].净水技术,2022,41(9):122-130.  
[2] 孙巍,张文胜.武汉市黄孝河合流制溢流污染控制系统设计[J].给水排水,2019,45(12):9-12.  
[3] 张文胜,孙巍.武汉市黄孝河合流制溢流调蓄池工艺设计[J].城镇水环境,2020,46(2):45-48.  
[4] 王宇尧.重庆地区合流制排水区域污水主干管截留倍数的选择[J].给水排水,2010,36(11):36-39.