

工程实例

DOI: 10. 19853/j. zgjsps. 1000-4602. 2024. 08. 016

# 长江大保护之九江市水环境治理模式的探讨

蔡正君<sup>1</sup>, 黄福昌<sup>2</sup>, 冯绍海<sup>1</sup>, 李清<sup>1</sup>, 汤文浩<sup>3</sup>

(1. 九江市规划设计集团有限公司, 江西 九江 332000; 2. 上海市城市建设设计研究总院  
<集团>有限公司, 上海 200125; 3. 上海万朗水务科技集团有限公司, 上海 200131)

**摘 要:** 为促进污水系统提质增效、水环境质量提升、污泥及餐厨垃圾资源化处置工作, 以摸清本底为基础, 以现状问题为导向, 以总体规划为龙头, 以污染物总量控制为依据, 以“流域统筹、区域协调、系统治理、标本兼治”为总体思路, 遵循“一个城镇、一个主体、一种模式”原则, 开展了九江市中心城区水环境系统综合治理二期PPP项目建设和运营。该项目总投资为56.85亿元, 污染物控制及水环境治理取得显著成效, 构建了厂网河(湖)岸一体、泥水并重、资源能源回收、建设养护全周期等水环境综合治理新模式, 有利于共抓长江大保护事业顺利推进。

**关键词:** 水环境治理; 提质增效; 雨污分流; 清污分流; 长江大保护

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)08-0093-09

## Discussion on the Water Environment Management Mode of Jiujiang under the Great Protection of Yangtze River

CAI Zheng-jun<sup>1</sup>, HUANG Fu-chang<sup>2</sup>, FENG Shao-hai<sup>1</sup>, LI Qing<sup>1</sup>, TANG Wen-hao<sup>3</sup>

(1. Jiujiang Planning and Design Group Co. Ltd., Jiujiang 332000, China; 2. Shanghai Urban Construction Design & Research Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200125, China;  
3. Shanghai Wanlang Water Technology Group Co. Ltd., Shanghai 200131, China)

**Abstract:** In order to promote the quality and efficiency of sewage system, the quality of water environment, and the treatment and disposal of sludge and kitchen waste, based on a thorough understanding of the background, guided by the current problems, led by the overall planning, based on the total amount of pollutants control, the phase II PPP project for the comprehensive treatment of water environment system in the central urban area of Jiujiang was constructed and operated, taking the overall idea of “basin overall planning, regional coordination, systematic treatment, and treating both symptoms and root causes”, following the principle of “one town, one main body, one mode”. With a total investment of 5.685 billion yuan, the project has achieved remarkable results in pollutant control and water environment treatment, and established a new comprehensive water environment treatment mode of “integrating the plant, network, river (lake) and bank”, “emphasizing both sludge and water”, resource and energy recovery, and the whole cycle of construction and maintenance, which is conducive to the smooth progress of the cause of jointly seizing the great protection of Yangtze River.

**Key words:** water environment treatment; improving the quality and efficiency; stormwater

and sewage diversion; clean water and sewage diversion; great protection of Yangtze River

作为长江大保护首批四个试点城市之一,2018年九江市率先实施中心城区水环境系统综合治理一期项目,同时启动二期项目前期工作。按照长江经济带生态优先、绿色发展的要求,长江生态环保集团江西区域率先进入实质性项目前期工作阶段,通过现状摸底、系统治理、示范推广,探索出一批新时期“共抓长江大保护、共建绿色发展示范区”的治水新模式和新机制<sup>[1]</sup>;同时以流域为单元,统筹考虑水安全、水资源和水环境<sup>[2]</sup>,巩固前阶段长江经济带生态保护成果。

## 1 项目概况

九江市位于江西省最北部,地处赣、鄂、皖、湘四省交界处,号称“三江之口、七省通衢”,是江西省唯一临江临港的城市,也是一座有着2 200多年历史的江南名城。九江市总体生态格局较好,但城区段水环境、水生态危机显露。中心城区水环境不能达到功能质量要求,城市内湖水质由西向东逐步恶化,城市内河水质自上游山区到下游城区逐步恶化,核心区域水体污染严重。城市排水体系建设、管理相对滞后,合流制区域污水溢流、分流制区域雨污混接、污水管道地下水渗漏等问题严重;市政污水处理厂进水浓度低,集中收集处理效率低。

### 1.1 研究范围

围绕九江市中心城区的白水湖、芳兰湖、“两湖”(甘棠湖、南门湖)、“两河”(十里河、濂溪河)等水体水质提升和相应区域污水系统提质增效,开展了九江市中心城区水环境系统综合治理项目。其中,一期项目主要针对中心城区“两河”片区、芳兰片区、白水湖片区、长江排口片区等区域开展水环境综合治理工程,同时开展八里湖-赛城湖控制枢纽建设工程、环赛城湖区域污染控制及生态化改造工程,这些项目已基本实施完成,且取得一定成效。二期项目主要研究中心城区的浔阳区、濂溪区,西至龙开河路、长江大道,东至琴湖大道,南至莲花大道、濂溪大道,北至长江(约74.7 km<sup>2</sup>),以及两区边缘一些分散污水收集空白区(约5.3 km<sup>2</sup>),总计工程治理范围约80 km<sup>2</sup>(不包括部队等条管单位)。

从工程范围(见图1)角度分析,一期项目与二期项目范围存在部分叠加与重合区域,将一期项目

未涉及的“两湖”片区、中心城区污水空白区域等纳入二期项目研究范围;同时,一期项目覆盖的“两河”片区、中心城区长江排口片区等范围仍纳入二期项目进一步研究,二期项目与一期项目形成互补关系。

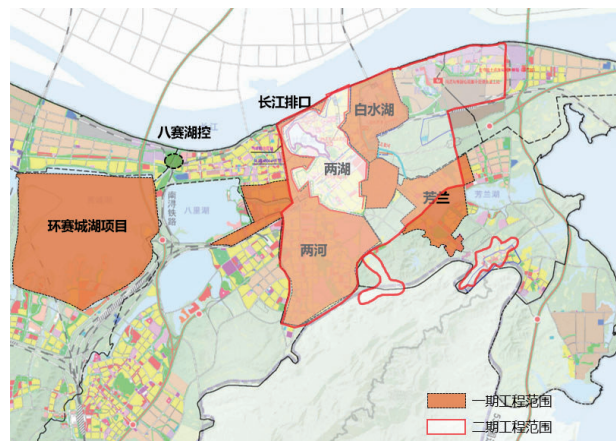


图1 工程范围

Fig.1 Project scope diagram

### 1.2 水环境现状

#### 1.2.1 “两湖”

“两湖”位于城市核心区域,其汇流面积为铁路以南浔南片区及铁路以北老城区的大部分范围,接纳了大量合流制溢流污水和分流制初期雨水,导致水体污染,水质呈中、轻度富营养化。

在空间分布上,南门湖水质总体劣于甘棠湖水质,近岸水质劣于湖心水质。近岸水质较差,主要污染物指标范围:COD为30~107 mg/L, NH<sub>3</sub>-N为0.5~5 mg/L, TP为0.1~1.47 mg/L,属于地表水劣V类水质;湖心水质稍好,主要污染物指标范围:COD为1~20 mg/L, NH<sub>3</sub>-N为0.1~0.69 mg/L, TP为0.07~0.2 mg/L,介于地表水IV~V类水质范围。

在时间分布上,降雨时“两湖”水质急剧恶化,近岸水质呈黑臭状态,雨后水质逐渐恢复。春、秋、冬三季湖体水质较好;夏季温度较高时水体蓝藻暴发,近岸水质尤为恶劣。

#### 1.2.2 白水湖

白水湖位于浔阳区东北部,水质呈轻度或中度富营养化。水质污染主要受周围企业的工业废水和九江师专及附近三个居委会的生活污水影响,随

着大量居民住宅区建成,生活和“三产”污水增多,氮、磷等有机污染严重;另外,沉积在湖底的污染物中营养盐的释放,也有可能成为湖泊富营养化的主导因子,总体为地表水Ⅴ类水质。

### 1.2.3 “两河”

“两河”位于濂溪区西南部,由南向北汇成十里河,最终流入八里湖。十里河上游水质较好,基本无污染,自中段开始受污染,其中COD指标较好,但 $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染较重,除7、8月外,均为地表劣Ⅴ类水质,TP指标除7、8月以外,基本处于地表水Ⅴ类~劣Ⅴ类之间。夏季丰水期污染物浓度较低,其余时段较高;下游有机污染较重,总体为地表水劣Ⅴ类水质。

## 2 工程目标及技术路线

### 2.1 一期项目工程目标

主要工程目标为:削减长江沿线污水直排口;芳兰湖区域、白水湖区域污水收集处理;十里河黑臭消除,将水质提升至地表水Ⅳ类标准<sup>[3]</sup>;以及相应提高鹤问湖污水处理厂进水COD至132 mg/L以上。

### 2.2 二期项目工程目标

① 2021年底,实施相应工程措施后,污水处理厂(老鹤塘、鹤问湖)进水 $\text{BOD}_5$ 浓度提升20%以上,达到75 mg/L以上。

② 2021年底,建立污泥、餐厨垃圾稳妥、安全、可持续的处置途径。

③ 2022年底,中心城区核心区域(浔阳区、濂溪区)范围(80 km<sup>2</sup>)消除污水直排口,基本消除生活污水收集处理设施空白区,基本实现污水处理“全覆盖、全收集、全处理”。通过加强建管、运维,基本

消除城市积涝及水体黑臭现象。

④ 2022年底,实现“两湖”入湖污染物量削减80%,提升河湖水环境质量。

⑤ 2022年底,完成智慧水务系统工程,中心城区核心区域(浔阳区、濂溪区)范围(80 km<sup>2</sup>)实现“数据实时跟踪维护、排水设施全过程管理、巡查养护高效监管、动态数据监控预警、调度决策精准高效、绩效考核落地实效”的目标。

因此,从工程目标角度分析,二期项目聚焦于污水系统提质增效工作,就污水系统提质增效的目标而言,二期项目是在一期项目基础上的再提升。经过一期和二期项目系统治理后,最终达到九江市中心城区水生态环境持续稳定健康发展的目标,为建设“产城融合、城乡一体、生态宜居”的现代化都市区城市奠定良好基础。

### 2.3 技术路线

以城镇污水处理提质增效为切入点,以摸清本底为基础,以现状问题为导向,以总体规划为龙头,以污染物总量控制为依据,进行流域统筹、区域协调、系统治理、标本兼治,遵循“一个城镇、一个主体、一种模式”原则,突出整体效益和规模化经营,通过厂网河(湖)岸一体、泥水并重、资源能源回收、建设养护全周期等模式开展投资建设和运营,促进城镇污水全收集、收集全处理、处理全达标以及综合利用,保障城市水环境质量整体根本改善。从管网提质增效、污染控制、水环境质量提升、污泥及餐厨垃圾资源化处理处置等角度出发,确定本工程技术路线(见图2)。

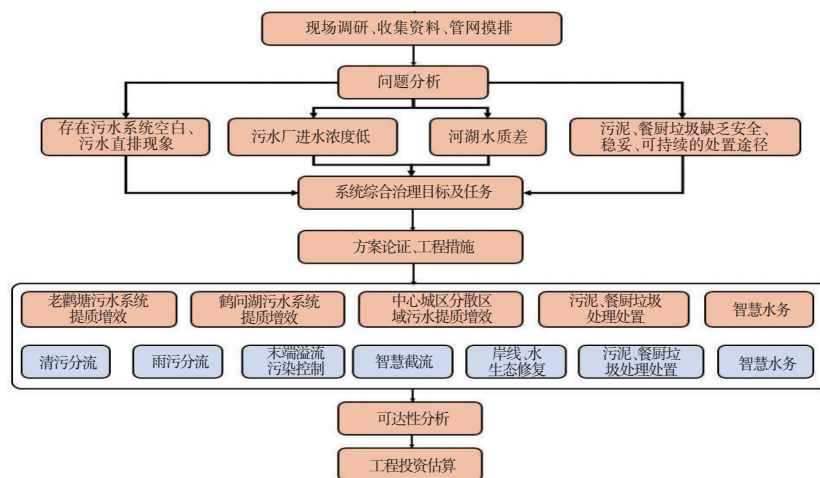


图2 九江水环境治理的技术路线

Fig.2 Technical route of water environment treatment in Jiujiang

### 3 治理方案

#### 3.1 问题识别与原因分析

##### 3.1.1 问题识别

经过现场调研和水质检测,总结出九江市水环境存在如下问题:①市政污水处理厂进水浓度低,集中收集处理效率低;②“两湖”等水环境质量差;③中心城区存在污水系统空白区、污水直排现象;④污泥、餐厨垃圾缺乏稳妥、安全、可持续的处理处置途径。

##### 3.1.2 老鹤塘污水处理厂进水浓度低的原因分析

###### ① 排水单元出口旱天污水浓度低

对老鹤塘污水系统各小区的水质进行检测和分类统计,结果见表1。其中污水COD浓度低于200 mg/L的小区占83.6%,高于200 mg/L的小区仅占16.4%。小区出口COD浓度高低差距较大,反映出小区管网存在不同程度的地下水渗漏。小区旱天时出口处COD的浓度与排水分区并无太大关系,分流制及合流制区域均存在小区出口处COD浓度较低的情况。

表1 小区出口水质检测结果分类统计

Tab.1 Classified statistics of water quality test results at the exit of drainage unit

COD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	≤50	50~ 100	100~ 132	132~ 200	200~ 260	≥260
小区占比/%	5.6	6.3	22.3	49.4	4.5	11.9

###### ② 市政管网污水浓度低

对老鹤塘污水系统市政管网的水质进行检测和分类统计,发现大部分雨水管网在旱天均存在污水,说明存在较多的雨污混接情况,同时管道中的污水浓度较低,说明存在外水(地下水及河湖水)进入。市政道路污水管网浓度从上游至下游逐渐降低,反映出市政管道存在外水入管情况;同时下游环湖截污管浓度下降明显,反映出有湖水渗漏进截污管。

###### ③ 市政排水管网受损严重

通过对排水管网的损害情况进行分析,得出浔南片区排水管网总体修复率较低,除陆家陇路、青年路、浔南大道外,基本为10%以内;老城区修复率高,基本大于50%;进一步反映出排水管道地下水渗漏严重。

###### ④ 清水流入污水管

通过现场踏勘,发现浔南花谷的清水从DN2 000~3 000 mm×1 500 mm管渠接入现状“两湖”截污管,再进入污水处理厂。

综上,清水、湖水、地下水等外水流入污水管内是导致污水处理厂进水浓度低的主要原因。经初步估算,各类水量占比见表2。

表2 污水管内各类水量占比

Tab.2 Various water proportions in sewage pipes

项目	污水	清水	湖水	地下水	总水量
水量/(m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> )	40 000	5 000	15 000	20 000	80 000
占比/%	50	6.25	18.75	25	100

##### 3.1.3 鹤问湖污水处理厂进水浓度低的原因分析

###### ① 排水单元出口旱天污水浓度低

对鹤问湖污水系统的“两河”片区部分小区进行水质检测和分类统计,结果见表3。其中污水COD浓度低于200 mg/L的小区占47%,高于200 mg/L的小区占53%。虽然比老鹤塘污水系统的小区结果稍好,但是这是建立在一部分小区已经完成改造的前提下,因此结果还是反映出小区管网存在不同程度的渗漏。

表3 小区出口水质检测结果分类统计(“两河”片区)

Tab.3 Classified statistics of water quality test results at the exit of drainage unit (“two rivers” area)

COD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	≤50	50~ 100	100~ 132	132~ 200	200~ 260	≥260
小区占比/%	2	3	10	32	23	30

###### ② 市政管网污水浓度低

对鹤问湖污水系统(“两河”片区)旱天及雨后进行水质检测和分类统计,发现“两河”片区市政道路污水排水管网浓度与老鹤塘污水系统类似,也是从上游至下游逐渐降低,尤其是十里河截污管基本上全线COD浓度为132 mg/L以下(一期项目建设前);再对比雨后的情况(基本上全片区市政污水主管COD浓度为132 mg/L以下),反映出“两河”片区市政管道雨污混接、外水入渗情况严重。

###### ③ 市政排水管网损害严重

通过对鹤问湖污水系统(“两河”片区)部分已测排水管网的损害情况进行分析,认为管网整体情况稍好于老鹤塘污水系统,但是总体修复率依然仅为30%,局部如濂溪大道、长虹大道、十里大道修复率达到50%~70%。

### 3.1.4 “两湖”水环境质量差的原因分析

#### ① 点源污染(合流制区域溢流污染)

“两湖”沿岸现状属于地表劣V类水质,湖心水质稍好;沿线共有23处排口,其中,19处为雨污合流排口,4处为雨水排口。“两湖”流域以长虹大道为界,长虹大道以北区域基本为合流制,面积约7.59 km<sup>2</sup>。降雨时,合流污水从沿湖溢流井溢流入湖,形成溢流污染。溢流入湖水量:552.9×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d;入湖污染物总量:COD负荷2449.2 t/a, NH<sub>3</sub>-N负荷143.06 t/a, TP负荷25.498 t/a。

#### ② 分流制区域面源污染

长虹大道以南区域基本为分流制,面积约5.39 km<sup>2</sup>。降雨时,路面的枯枝落叶、垃圾、洗车废水等被裹挟进入雨水口,再通过雨水排口排入“两湖”。

九江市一般为锋面雨(梅雨)型,降雨强度呈抛物线形式,在降雨历时50 min时强度达到最大。2019年5月14日的一场降雨,在长虹大道雨水口取样检测COD浓度,从数据统计分析结果(见图3)可以看出:降雨过程中路面径流COD浓度总体先升高,后降低;在第32 min达到峰值,且降雨前60 min内的路面径流COD>200 mg/L。这足以说明:降雨初期效应不明显时,形成的路面径流污染物负荷很高,原初期雨水截流管作用不大,分流制区域面源污染也非常严重。

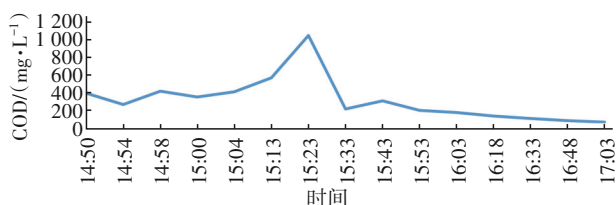


图3 长虹大道路面径流水质数据

Fig.3 Water quality data of road runoff in Changhong Avenue

#### ③ 内源污染

“两湖”尚未形成常态化的环保清淤管理机制,湖内有水生植物腐败枯枝,湖底有淤泥沉积。根据底泥内源污染释放实验研究成果,在水温25℃和地表Ⅳ类水上覆水水质的边界条件下,排除初期异常数据干扰,表层30 cm底泥的总有机碳(TOC)释放强度为185~1154 mg/(m<sup>2</sup>·d), TP释放强度为3~12 mg/(m<sup>2</sup>·d), NH<sub>3</sub>-N的释放强度为14~161 mg/(m<sup>2</sup>·d)。

“两湖”底泥内源污染负荷见表4。

表4 “两湖”底泥内源污染负荷

Tab.4 Internal pollution load of sediment in “two lakes” t·a<sup>-1</sup>

项目	COD	NH <sub>3</sub> -N	TP
汛期	402.92	24.92	2.27
非汛期	201.46	12.46	1.13
合计	604.38	37.38	3.40

根据现状“两湖”入湖污染总量计算结果,底泥内源污染释放污染负荷占入湖污染负荷总量的比例较高,其中内源释放COD为入湖污染总量的19.7%, TP为11.7%, NH<sub>3</sub>-N为20.4%。

综上,入湖污染是导致目前“两湖”水体水质差的主要原因,内源污染、水生态系统破坏、水动力差等也是重要因素。在入湖污染中,合流制系统溢流污染是主因,分流制系统面源污染也是不可忽视的重要因素。

### 3.1.5 餐厨垃圾及污泥处理处置存在的问题

目前九江市餐厨垃圾尚无集中管理、收运和处理处置设施,造成餐厨垃圾存在不当利用和处置的现象,一方面大量的餐厨垃圾由私人上门承包收购,其中的油脂被回收,剩余残渣流入养殖场;另一方面,部分餐厨垃圾混入生活垃圾最终以填埋的方式处置。

中心城区的污泥主要交由协议企业用于制砖,其技术路线简单,处置方式单一。当下游制砖厂不再接收城市污泥时,污泥的处置出路就会受到直接影响,目前的应急措施为填埋处置,但填埋处置不具有可持续性,一方面九江市的生活垃圾填埋场接近满容量;另一方面,填埋的处置方式脱离了城市污泥减量化、资源化的处置路线方向,造成资源浪费。

## 3.2 泥水共治技术措施

### 3.2.1 清污分流技术

污水系统清污分流的主要任务是将河湖倒灌水、地下水、施工排水等“赶”出污水及合流管网,杜绝“清污不分”,腾出污水收纳和处理空间,提高污水处理厂进水有机物浓度<sup>[4]</sup>,还污水处理系统“本来面目”。同时,考虑取消分流制区域排水单元设置的化粪池,以进一步提高污水浓度及优质碳源比例。

### 3.2.2 控源截污技术

结合污水系统现状问题分析,控源截污的主要任务包括雨污分流(包括雨污混接改造)、面源污染

控制等,防止各种污水、污染物等直接或随雨水排入城市水体。主要包括以下三个方面:

① 雨污分流。主要包括合流制系统的分流制改造和分流制系统的雨污混接改造。结合排水规划,在有条件的地区通过合流制系统的分流制改造将雨水、污水分开,减少通过因雨污合流导致的人湖污染。雨污分流方案因地制宜实施,尽量实现从小区排放源头到雨水排放口的彻底分流。同时,开展分流制区域的混接改造,将混接、错排的生活污水接入污水管,收集到城镇污水处理厂处理后达标排放。

② 合流制溢流污染控制。对于暂不具备雨污分流改造条件的老城片区及历史文化保护区,本次工程考虑保留合流制,并对合流制进行改造。主要包括溢流口改造、截流井改造、管涵截流、溢流污水调蓄等措施,减少合流制排水口溢流次数,截流与调蓄的合流制污水通过污水处理厂及就地处理设施处理后排放。

③ 初期雨水面源污染控制。对于改造为分流制的区域,一方面在推进雨污分流的同时积极采取市政、小区、企事业单位内部的“海绵化”等LID措施,从源头降低雨天进入地表水体的雨季污染物量;另一方面,采取末端措施对初期雨水进行收集、调蓄、处理后排放。

### 3.2.3 水生态修复技术

针对“两湖”流域,通过清淤和打捞等措施清除水中的底泥、垃圾、生物残体等固态污染物,实现内源污染的控制。同时,采用生态和生物净化措施,消除水中的溶解性污染物;通过曝气向水中增加氧气,促进水中的各种好氧微生物降解有机污染物;还可以通过种植水生植物吸收水中的氮、磷等污染物。对于原有硬化河(湖)岸带,可以利用人工湿地、生态浮岛、水生植物净化技术以及人工增氧技术进行生态修复。

### 3.2.4 城镇污泥资源能源化处置技术

针对九江市中心城区餐厨垃圾及污泥处理处置存在的不安全、不稳妥、不可持续等问题,采用污泥和餐厨垃圾协同处置的方式,通过污泥厌氧发酵生产沼气,实现资源化利用,减少碳排放<sup>[5]</sup>。

## 3.3 工程设计及创新思路

### 3.3.1 工程设计

#### ① 清污分流

开展排水管网清淤、修复工作,预估修复管道长约182.6 km;开辟清水通道约2.3 km,将服务范围内混入管网系统的洁净地表水直接输送入湖,预计清水入湖水量约2 000 m<sup>3</sup>/d。

#### ② 雨污分流

开展市政管网系统、小区(地块)管网雨污分流制改造及混接改造工程;新建市政污水管道总计约33.57 km,改造小区(排水单元)295个,总计实现约1 049 hm<sup>2</sup>小区(排水单元)管网雨污分流制改造及混接改造工程。

#### ③ 溢流污染控制

重建环湖污水管网系统,新建末端调蓄及就地处理设施,提高入湖污染控制标准。新建环湖DN600污水收集管道约2.3 km,尺寸为2 m×2 m~4.5 m×3 m的初期雨水收集管涵约2.4 km,尺寸为1.8 m×1.8 m~2 m×2 m的合流制溢流污水收集管涵约3.0 km。实现分流制污水、分流制雨水、合流制污水“各行其道”,分质输送。将污水收集后直接送至老鹤塘污水厂进行处理,初期雨水及合流制溢流污水中浓度较高的部分送污水厂处理,浓度较低部分就地处理排放至“两湖”,实现分质处理<sup>[6]</sup>。新建初期雨水及合流制溢流污水调蓄池1座,设计规模为9.0×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,设计初期雨水调蓄量取8 mm降雨量。

新建初期雨水及合流制溢流污水就地处理站1座,设计处理规模为3×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d,设计进、出水水质见表5。

表5 就地处理设计进、出水水质

Tab.5 Design inflent and effluent quality for on-site treatment mg·L<sup>-1</sup>

项目	SS	COD	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TP
进水水质		120	50	15	2.0
出水水质	10	30	6	1.5	0.1

调蓄后的低浓度初期雨水径流及溢流污水就地处理,首先进入细格栅-曝气沉砂池-高效沉淀池进行预处理,出水进入曝气生物滤池,主要去除BOD<sub>5</sub>和NH<sub>3</sub>-N;再进入多效澄清池及转盘滤池进行深度处理,反应器前端投加PAC、PAM和矿砂等药剂,达到去除TP、SS及同步去除部分COD的目标;出水经紫外消毒后从就地处理站排出,最后自流入“两湖”。

就地处理工艺流程见图4。

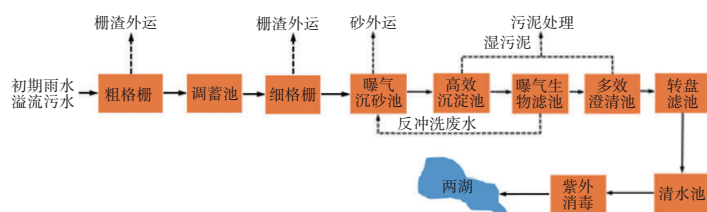


图4 就地处理工艺流程

Fig.4 On-site treatment process flow chart

## ④ 活水畅流

改善两湖水动力,升级改造泵站1座,新建补水管0.7 km。

## ⑤ 岸线提升

结合环湖雨污水系统建设,恢复重建“两湖”岸线,总长度约4.43 km。

## ⑥ 污水收集系统补空白

新建污水管网、一体化污水提升泵站及小型污水就地处理设施,消除中心城区609.3 hm<sup>2</sup>范围的污水系统空白区。

## ⑦ 城镇污泥资源能源化处理处置

在濂溪区化纤工业园区新建污泥和餐厨垃圾处置中心1座,设计规模为350 t/d,其中污泥处置规模为150 t/d,餐厨垃圾处理规模为200 t/d。进厂污泥含水率80%左右,餐饮垃圾含水率约85%,厨余垃圾含水率约80%。通过采取工程措施预处理餐厨垃圾,与污泥协同厌氧消化,实现污泥稳定化、无害化和减量化,并为资源化准备条件,最终达到《城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质》(GB/T 23486—2009)要求。

污泥与餐厨垃圾协同处理处置工艺路线如图5所示。

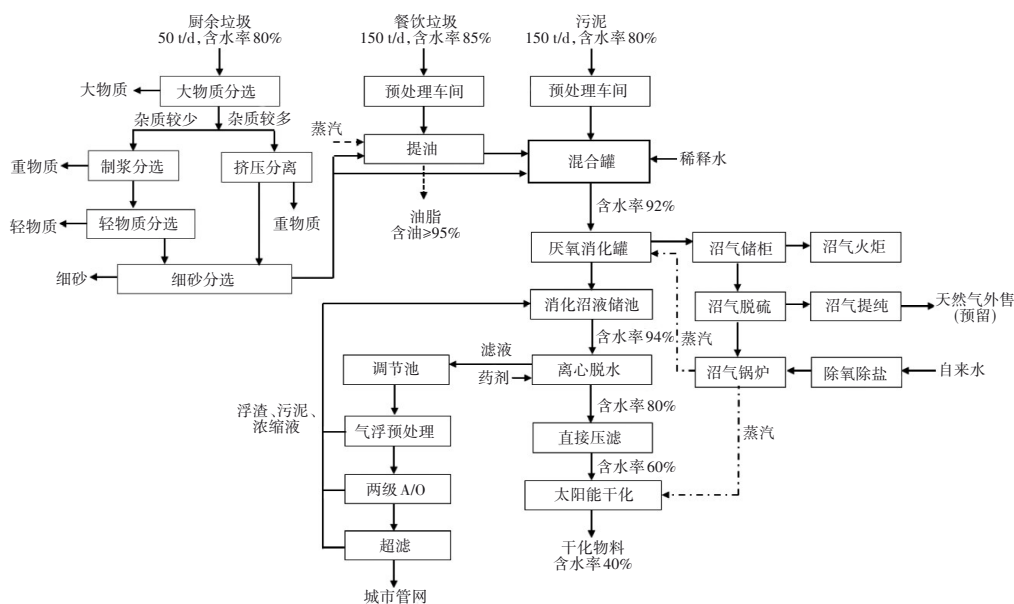


图5 污泥与餐厨垃圾协同处理处置工艺路线

Fig.5 Process roadmap of collaborative treatment of sludge and kitchen waste

## 3.3.2 创新思路

结合以往水环境治理工程案例和经验总结,本工程设计时采用以下创新思路:

① 对排水单元排口进行水质检测,分类制定改造目标和改造方案。对早、中、晚平均COD<132 mg/L的排水单元,重建污水收集系统,废除化粪池,新增格栅监测井,改造完成后排口旱天污水COD≥

350 mg/L,并写入竣工验收标准;对132 mg/L≤COD<200 mg/L的排水单元,进行错混接改造,确保排口污水浓度提升20%以上,且旱天雨水管道无流水;其余水质达标的排水单元及无条件实施的地区暂不改造。

② 对合流污水进行分质处理,低浓度就地处理,高浓度进污水厂处理,既减小就地处理难度,又

不降低市政污水厂进水浓度。合流制片区污水通过截流箱涵进入粗格栅池,当中小降雨量时该部分合流污水水量较小、浓度较高( $\text{COD} \geq 100 \text{ mg/L}$ ),通过提升泵站提升至现状“两湖”泵站,再排入老鹤塘污水处理厂。当雨量增加,合流污水量超过污水厂处理能力或合流污水浓度低( $\text{COD} < 100 \text{ mg/L}$ )时,关闭合流污水提升泵,污水进入调蓄池。分流制片区初期雨水通过环湖管涵收集,经格栅预处理后雨水直接进入调蓄池。合流制溢流污水(低浓度部分)与分流制初期雨水混合调蓄,出水经提升后进入就地处理设施,达到地表水Ⅳ类标准后排放,实现“旱天污水不入河、雨天污水少溢流”<sup>[7]</sup>的目标。

③ 对新建市政污水管道采用排水用球墨铸铁管,无开挖条件的路段采用微顶管工艺,管材为

带混凝土护套的球墨铸铁管,减少接口渗漏及车辆碾压造成变形破坏,提高污水输送效率及市政设施安全水平。管道工程的建设质量与污水系统提质增效目标的实现息息相关,工程实施中建立以污水厂进水浓度目标为导向的工程实施验收标准。

④ 对现状混凝土污水管、合流管及砖砌检查井,采用聚氨酯堵漏及无机防腐砂浆喷涂修复,降低管道漏损率,实现清污分流,并延长管道使用年限。

## 4 工程投资及预期治理目标

### 4.1 工程投资

九江市中心城区水环境系统治理二期项目分为5个子项,总投资为56.85亿元。

各子项投资见表6。

表6 项目投资

Tab.6 Details of project investment

亿元

存在问题	技术对策	治理路线	投资
污水厂进水浓度低	清污分流 雨污分流	开辟清水通道,清污分流	30.92
		管网修复堵漏,避免河湖水、地下水入管;排水单元改造,合流制改为分流制,雨污混接改造	
		取消化粪池,提高污水厂进水浓度及优质碳源比例	
“两湖”等水体污染严重	雨污分流 控源截污	点源污染	21.11
		有条件的,合流制改为分流制,实施雨污混接改造	
		无条件的,完善合流制建设,降低溢流频次	
		合流制溢流污染	
“两湖”水生态系统破坏	生态修复	面源污染	1.46
		排水单元海绵化建设及改造	
		初期雨水末端收集、调蓄、处理	
		内源污染	
污泥出路	污泥资源化利用	底泥清淤、打捞垃圾等	2.96
		生态破坏	
		曝气增氧、种植水生植物等	
管网运维缺失	智慧水务	死水滞湖	0.40
合计		活水流速、清水补给等	56.85

### 4.2 预期治理目标

① “两湖”汇水区域污染物削减目标:改造后,“两湖”汇水区域混合污水入湖总量削减率达78.5%,COD削减率达95%, $\text{NH}_3\text{-N}$ 削减率达96.3%,TP削减率达96%,见表7。增加清洁地表水补水量约 $278 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

表7 “两湖”汇水区域污染物削减目标

Tab.7 Pollution reduction objectives in the catchment area of “two lakes”

项目	溢流量/ ( $10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ )	入湖COD/ ( $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$ )	入湖 $\text{NH}_3\text{-N}$ / ( $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$ )	入湖TP/ ( $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$ )
改造前	552.9	2 449.2	143.06	25.498
改造后	119	122	5.26	0.996
削减量	433.9	2 327.2	137.80	24.502

② “两湖”水环境容量提升目标:就水环境容纳量而言,COD增加134.81 t/a, $\text{NH}_3\text{-N}$ 增加6.71 t/a,TP增加0.67 t/a。

③ “两湖”水质提升目标:经综合治理后,“两湖”预期COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 指标可达到地表水Ⅳ类标准(达标率为98.68%),TP指标可达到地表水Ⅴ类标准(达标率为97.75%)。全年平均达标天数为350 d,最长超标周期约4 d。

④ 污水系统提质增效目标:综合开展排水单元、市政排水管网清污分流和雨污分流,污水、雨水、地表水、地下水“各行其道”,使老鹤塘污水厂进水 $\text{BOD}_5$ 年均浓度提高至77 mg/L,鹤问湖污水处理厂进水 $\text{BOD}_5$ 年均浓度提高至75 mg/L。

## 5 结论

目前九江市排水单元达标改造工程、市政排水管网雨污分流及清污分流已大部分完成,两座市政污水处理厂进水浓度提升明显, $BOD_5$ 浓度基本为75 mg/L以上,项目取得阶段性成效。“两湖”截污调蓄及就地处理工程、污泥与餐厨垃圾协同处理处置工程正在实施,完成后可进一步改善九江市中心城区水环境质量。

本项目通过污水系统提质增效、污染物控制、水生态修复、水环境容量提升、污泥与餐厨垃圾资源化处置等全过程水环境治理经验的总结,研究了厂网河(湖)岸一体、泥水并重、资源能源回收、建设养护全周期等水环境综合治理新模式,探索出一套有效的水环境综合治理模式,对于整个长江沿线城市生态环境保护具有较强的创新引领及示范效应,有利于共抓长江大保护事业顺利推进。但对于PPP项目,应提前做好工程目标可达性的准确分析,以优化工程投资。

## 参考文献:

- [1] 杨万航,王丰,张超,等. PPP模式下的长江大保护工程质量创新管理实践[J]. 中国给水排水, 2022, 38(4): 1-5.  
YANG Wanhang, WANG Feng, ZHANG Chao, *et al.* Quality innovation management practice of Yangtze River protection project based on PPP mode[J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(4): 1-5 (in Chinese).
- [2] 金炜,刘华,季颖. 南通虹桥片区水环境综合治理实践和探讨[J]. 水利技术监督, 2022(9): 235-239.  
JIN Wei, LIU Hua, JI Ying. Practice and exploration of comprehensive water environment management project in Hongqiao District, Nantong City [J]. Technical Supervision in Water Resources, 2022(9): 235-239 (in Chinese).
- [3] 张超,赵仔轩,张盈秋,等. 九江市十里河流域水环境综合治理措施及成效[J]. 中国给水排水, 2022, 38(4): 17-22.  
ZHANG Chao, ZHAO Zixuan, ZHANG Yingqiu, *et al.* Measures and achievement of comprehensive treatment of water environment in Shili River basin of Jiujiang[J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(4): 17-22 (in Chinese).
- [4] 汪丽,黄伟,王阿华,等. 荆门市竹皮河流域水环境综合治理之生态修复工程设计[J]. 中国给水排水, 2020, 36(6): 69-73.  
WANG Li, HUANG Wei, WANG Ahua, *et al.* Ecological restoration project design of comprehensive treatment of water environment in Zhupi River basin Jingmen City[J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(6): 69-73 (in Chinese).
- [5] 周维奇,方宁,郭亚丽,等. 基于多源污泥泥质特性的处理技术路径探析[J]. 中国给水排水, 2022, 38(19): 16-22.  
ZHOU Weiqi, FANG Ning, GUO Yali, *et al.* Treatment technology path based on the characteristics of multi-source sludge[J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(19): 16-22 (in Chinese).
- [6] 周传庭,郭葵香,赵国志. 初期雨水就地调蓄处理工程方案[J]. 净水技术, 2020, 39(8): 44-48.  
ZHOU Chuanting, GUO Kuixiang, ZHAO Guozhi. Engineering proposal of on-site regulation and storage and treatment for initial rainwater [J]. Water Purification Technology, 2020, 39(8): 44-48 (in Chinese).
- [7] 徐柏刚,杨仲韬,吴宝利,等. 厦门市埭头溪流域水环境综合治理方案研究[J]. 中国给水排水, 2022, 38(24): 125-132.  
XU Baigang, YANG Zhongtao, WU Baoli, *et al.* Water environment comprehensive management scheme of Daitouxi watershed in Xiamen [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(24): 125-132 (in Chinese).

作者简介:蔡正君(1991- ),男,江西吉安人,硕士,注册公用设备工程师(给水排水),主要研究方向为水环境治理。

E-mail: 406215308@qq.com

收稿日期: 2023-05-25

修回日期: 2023-07-07

(编辑:衣春敏)