

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.12.010

# 福鼎市污水系统问题识别及提质增效策略

胡小凤, 袁芳, 石鹏远, 刘曦, 赵政阳  
(中国城市规划设计研究院, 北京 100044)

**摘要:** 针对近些年污水处理厂进厂水量不稳定和进水BOD<sub>5</sub>浓度偏低等实际问题,福鼎市结合排水管网勘察与检测工作,追根溯源,对污水系统进行问题诊断,分析了城市污水系统运行效能低下的原因,制定了污水处理提质增效“一厂一策”方案,合理选择技术手段和工程措施,指导地方推进污水提质增效工作,促进排水设施建设逐步实现由“规模增长”向“质量提升”转变。

**关键词:** 污水系统; 提质增效; 一厂一策

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)12-0061-07

## Problem Diagnosis and Strategy of Improving Quality and Efficiency of Sewage System in Fuding

HU Xiao-feng, YUAN Fang, SHI Peng-yuan, LIU Xi, ZHAO Zheng-yang  
(China Academy of Urban Planning & Design, Beijing 100044, China)

**Abstract:** In view of the practical problems such as unstable incoming water volume and low BOD<sub>5</sub> concentration of sewage treatment plant in recent years, combined with the investigation and detection process of drainage pipe network, Fuding traces the source, systematically analyzes the reasons for the low efficiency of urban sewage system, formulates “one plant, one policy” scheme for improving the quality and efficiency of sewage treatment according to local conditions, which can provide rational technical means and engineering measures, guide the local government to promote sewage quality and efficiency improvement, promote the construction of drainage facilities in Fuding to gradually transformed from “scale growth” to “quality improvement”.

**Key words:** sewage system; quality and efficiency improvement; one plant, one policy

近年来福建省福鼎市大力推进污水管网建设,取得了显著成效。但是由于历史原因,城区存在部分管网空白区,沿河存在明显的污水直排问题,大量污水未能进入污水管网集中处理,此外由于存在山泉水和河水入侵污水系统的问题,污水处理厂进水浓度较低,污染物削减效益不佳。

按照福建省委、省政府关于污染防治攻坚战决策部署,2019年12月9日,福建省住建厅发布《关于抓好城镇污水处理提质增效工作的通知》,提出加快补齐城镇污水收集和处理设施短板、提高污水收集处理效能的目标要求。2021年宁德市要求各县

市确定当地污水处理提质增效三年专项行动(2022年—2024年)的生活污水集中收集率、污水处理厂进水BOD<sub>5</sub>浓度等指标的分年度量化目标,其中要求福鼎到2024年底,污水集中收集率达到60%以上,污水处理厂进水BOD<sub>5</sub>浓度达到85 mg/L以上。

### 1 污水处理系统现状分析

福鼎市位于福建省东北沿海,地处浙闽边界、海陆交界处,属亚热带海洋性季风气候,具有夏长冬短、日照充足、雨量充沛、四季分明等特点。境内地势为东北、西北、西南向中部和东南沿海波状倾斜。除港湾地带有冲积小平原外,均为山峦起伏的丘陵

地。山丘地占陆地总面积的91.03%,盆谷平原占陆地总面积的8.97%。福鼎市地形地貌见图1。研究范围见图2。

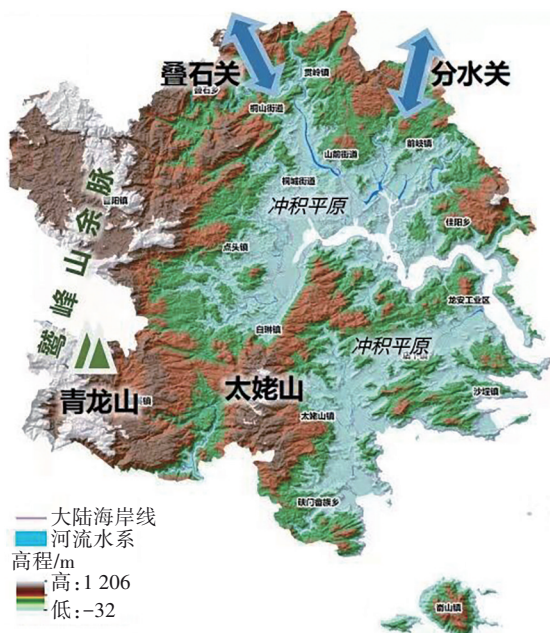


图1 福鼎市地形地貌

Fig.1 Topography and geomorphology of Fuding

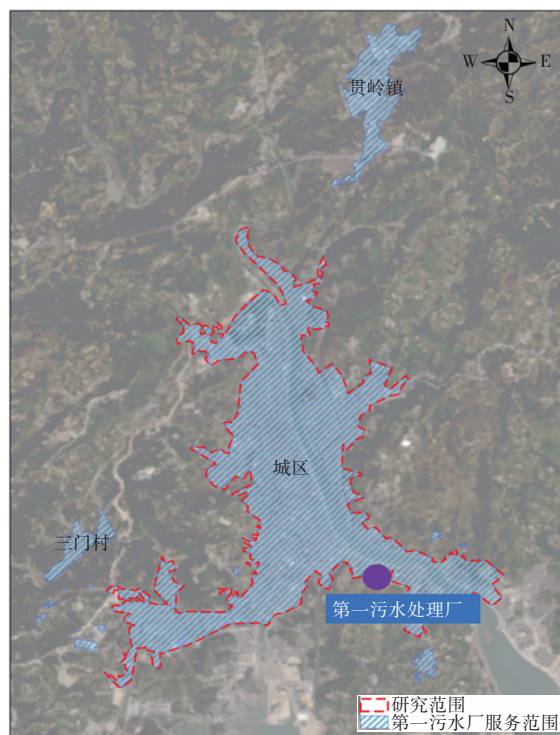


图2 研究范围

Fig.2 Scope of research

福鼎市第一污水处理厂位于龙山溪和桐山溪

的汇合处,现状设计规模为 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,处理后尾水排入桐山溪下游。福鼎市污水处理提质增效研究范围主要针对现状建成区,面积约 $15.5 \text{ km}^2$ ,服务人口约17万人。考虑到污水系统的完整性,污水厂服务范围内城区东北角贯岭镇和西侧三门村的污水量会在污水处理提质增效实施方案中进行平衡分析。

### 1.1 排水体制

福鼎市现状建成区排水体制为分流制、合流制并存。研究范围内分流制区域占比约38%,合流制区域占比约62%。合流制区域主要包括部分老旧小区、城中村、城乡结合部村庄和星火工业园西侧的居民区等,总面积约 $9.7 \text{ km}^2$ 。合流制的连片区域主要位于龙山溪两岸,左岸是老城区,主要为老旧居民区,由于排水管网改造技术难度大、经济成本高,目前仍有部分地区沿用原有的沟渠涵道或已建的雨水管道排放污水;右岸主要为城中村和城乡接合部村庄,主要通过明沟或暗渠进行排水。龙山溪沿岸存在多处合流污水排口,污水直排、雨污水混错接、合流制溢流污染等现象较为严重。

### 1.2 污水管网系统

福鼎市现状建成区主要道路多数已铺设污水管道,形成基本的污水主干管网系统(见图3)。尚未修建污水管道的区域主要分布在城区北部及中部区域的城中村、老城区和周边村庄。根据2019年管网普查资料,研究范围内市政道路已建污水管道总长约74 km,其中污水主干长约25 km,污水管网密度为 $4.8 \text{ km}/\text{km}^2$ 。目前老城区部分地区采用水利沟渠将雨污水合流排放,由于污水管道建设进度滞后于雨水管道,存在部分生活污水混接入雨水管道的问题。

根据河流走向、地形地势和管道分布,污水管网总体可划分为三大片区:桐城桐山片区、星火片区及山前片区。其中桐城桐山片区内主要形成以龙山溪两侧污水主干管、江滨路、太姥大道、古城西路等为主干管,经天湖路进厂污水主干管进入第一污水处理厂。潮音岛(重点含铂金华城)污水经由D500现状管直接接入污水处理厂;星火片区内主要形成以星火路、玉龙北路、天湖路等为主干管的污水管网系统,并接纳三门里村污水。山前片区内主要形成以虹滨路、城东北路、城东南路、福临路等为主干管,经流美大桥下游倒虹管过桐山溪的污水管

网收集系统。贯岭镇经预处理后的污水也由本片区污水管网系统接入第一污水处理厂。

尚未修建污水管道的区域主要分布在城区北部及中部区域的城中村、老城区和周边村庄。

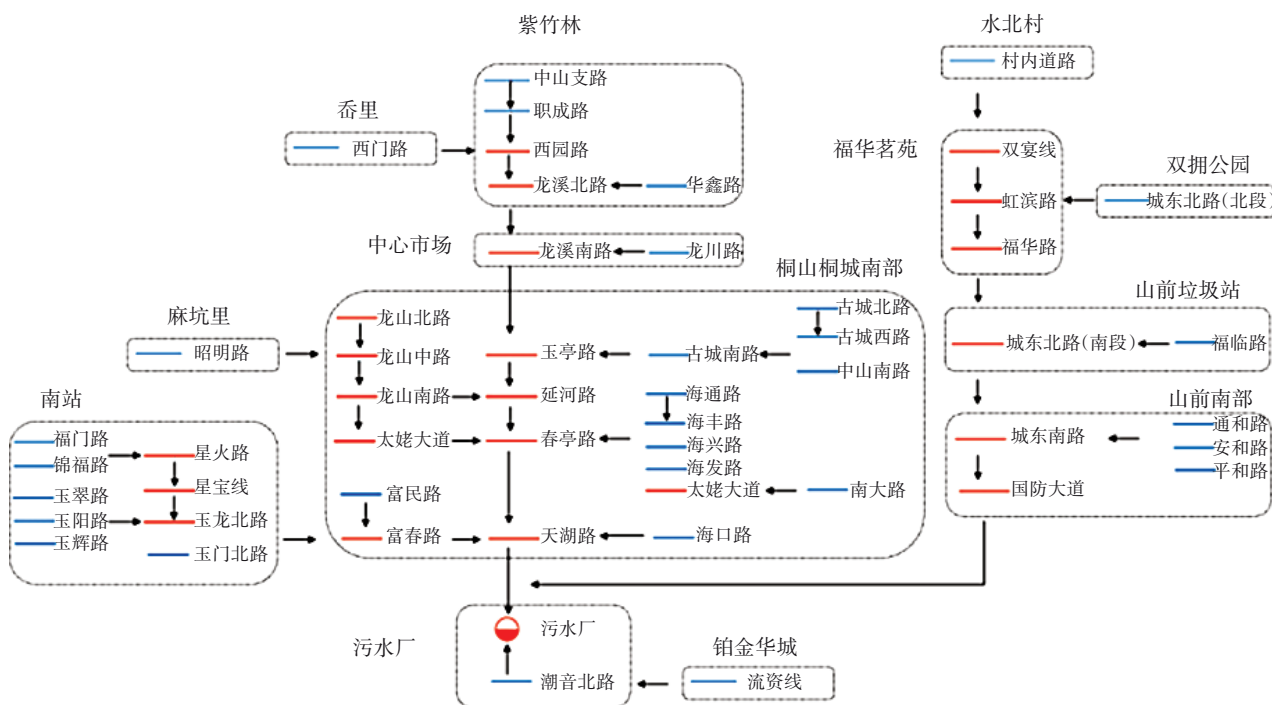


图3 城区管网拓扑结构

Fig.3 Topological structure of urban drainage network

### 1.3 水量、水质平衡分析

近3年污水厂逐月进水量、水质统计数据见图4。

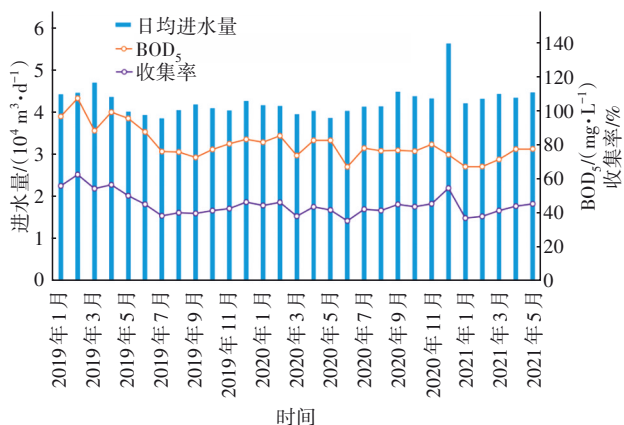


图4 近3年逐月进厂水质水量统计数据

Fig.4 Statistical data of monthly influent quality and quantity in recent three years

2019年—2021年平均进厂水量约为 $4.25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 2021年进厂水量为 $4.35 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。近3年进厂水量最大值为2020年12月的 $5.62 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 最小值为2019年7月的 $3.84 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 最大值是最小

值的1.5倍。进厂水量没有明显的季节性变化规律,这主要与污水处理厂设置厂前调节池有关,当降雨量增加或进厂水量增加时,将调整厂前泵站,使进厂水量维持在 $4.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,以保证污水处理厂稳定运行。

进一步分析污水处理厂进水水质,2019年—2021年污水处理厂进水 $\text{BOD}_5$ 浓度呈下降趋势,平均 $81 \text{ mg/L}$ ,近3年最大值为2019年2月的 $108 \text{ mg/L}$ ,最小值为2021年1月的 $67.5 \text{ mg/L}$ 。近3年污水集中收集率为 $62.85\% \sim 37.09\%$ ,平均为 $45\%$ ,与进厂 $\text{BOD}_5$ 变化趋势呈正相关。

2021年上半年污水厂进水 $\text{BOD}_5$ 平均浓度为 $72.56 \text{ mg/L}$ ,污水集中收集率为 $41.28\%$ ,这与2024年污水集中收集率达到 $60\%$ 以上、污水厂进水 $\text{BOD}_5$ 浓度达到 $85 \text{ mg/L}$ 以上的目标还有一定的差距。

采用污染物特征因子法估算2021年福鼎市城区外水入渗量( $Q_{\text{清水}}$ ),公式如下:

$$Q_{\text{清水}} = \left(1 - \frac{C_{\text{污水厂}}}{C_{\text{出户量}}}\right) \times Q_{\text{污水厂}} \quad (1)$$

式中: $Q_{\text{污水厂}}$ 为第一污水处理厂水量,取 $4.35 \times$



$10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  (2021年平均进水量);  $C_{\text{污水厂}}$  为第一污水处理厂  $\text{BOD}_5$  浓度, 取  $72.56 \text{ mg/L}$  (2021年平均进水质);  $C_{\text{出户量}}$  为出户  $\text{BOD}_5$  浓度 (根据《第二次全国污染源普查——生活污染源产排系数手册》, 取平均值  $118 \text{ mg/L}$ )。

根据浓度法计算, 2021年福鼎市城区污水系统中入侵外水量约  $1.65 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 占进水总量的38%。通过人均综合用水量测算, 2021年该污水厂服务范围内污水产生量约  $6.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 其中三门村约  $0.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 、贯岭镇约  $0.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 、桐山溪以西片区约  $1.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 、桐山溪以东片区约  $4.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 2021年平均进厂水量约  $4.35 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 则未收集的污水量约  $3.40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

## 2 问题诊断

### 2.1 污水应收未收

#### 2.1.1 存在污水直排

根据《福鼎市入河排污口检测报告》, 主城区现有沿河排污口181处, 其中合流排污口40处, 雨水排污口141处, 如图5所示。

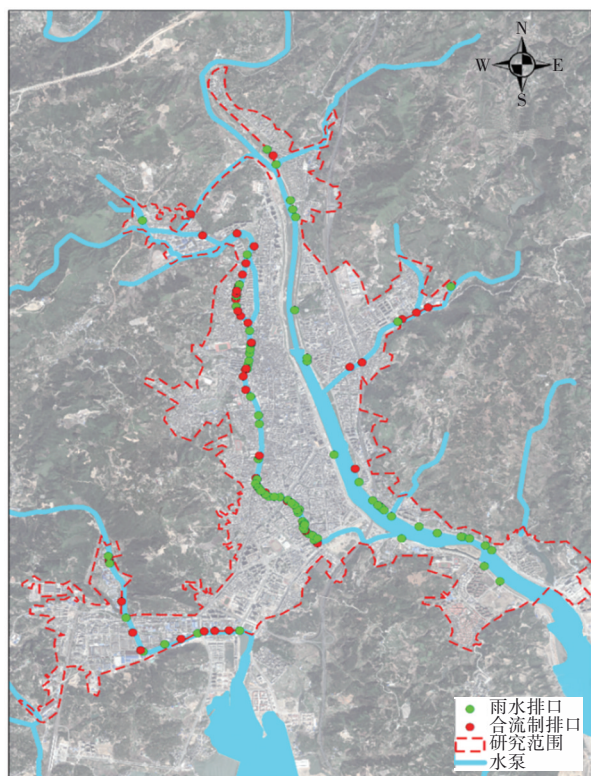


图5 沿河排污口分布

Fig.5 Distribution of outlets along the river

由于部分地区尚未建设市政污水支管, 居民生活污水排入雨水管道, 雨水管道实际承担了合流管

道的功能。根据相关统计, 桐山溪由于雨污合流排污口的影响, 入河废(污)水量约  $9.29 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ ; 龙山溪由于雨污合流排污口的影响, 入河废(污)水量约  $85.57 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ ; 后胆溪由于雨污合流排污口的影响, 入河废(污)水量约  $24.7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。合计排污量约  $119.56 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ , 每日排污量约为  $3\,000 \text{ m}^3$ 。

#### 2.1.2 存在管网空白区

福鼎市城区现状市政道路污水管网主干系统较为完善, 污水支管建设相对滞后。污水厂服务范围存在约  $2.16 \text{ km}^2$  的管网空白区, 主要分布在岙里工业园北部、龙山溪右岸、麻坑里、星火工业园周边、江滨北路西侧、太姥安置小区和永宁路小区。分析其成因, 一是由于老旧小区建设空间不足, 导致雨污水管网难以顺利开展建设, 现状雨水和污水只能通过水利沟渠排放入河, 如江滨北路西侧、太姥安置小区附近属于该类管网空白区; 二是由于部分区域距离城区中心较远, 市政干管尚未延伸到该位置, 岙里工业园北部、星火工业园周边和永宁路小区属于该类管网空白区。龙山溪右岸北部、麻坑里兼有以上两种成因。

#### 2.1.3 管网混错接

规划范围内的污水干管已基本实现连通覆盖, 但部分老城区尚未完成雨污分流改造, 目前仍沿用原有的雨污合流管网或沟渠涵道排水。根据管网普查资料开展的初步排查, 结合现场踏勘, 沿街商铺污水混接、错接雨水支管和雨水算子严重。大部分餐饮商铺含油污水未经隔油池等预处理, 部分洗车修车商铺污(废)水未经沉淀池等预处理, 含油或含砂污水混错接雨水管道, 严重影响河道水质, 同时易造成下游市政污水管道堵塞。

#### 2.1.4 倒虹管破损

现状桐山溪东岸污水主干管主要服务山前片区及贯岭镇区, 片区污水主要通过桐山溪东岸污水主干管(虹滨路、城东北路、城东南路、福临路)输送至流美大桥下游, 经倒虹管过桐山溪后至第一处理厂进厂主干管。贯岭镇经预处理后的污水也由本片区污水系统接入第一污水处理厂。

现状倒虹管是污水转运排放的重要节点工程, 是连接桐山溪东岸污水工程和西岸污水总管的重要枢纽性工程。由于管道采用湿作业直接水下施工, 施工单位质量控制不到位, 同时管道基础未做任何处理, 相关基础承载力保证措施不到位, 造成

不均匀沉降,个别管段断裂。每日约 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的污水直接排入桐山溪,约占未收集污水量的46.87%,对桐山溪水质造成污染,城市水环境污染的问题日益突出。

### 2.1.5 其他管网缺陷

采用管道机器人、潜望镜检测技术对管道进行检测,共发现污水管道缺陷757处,其中,结构性缺陷修复等级:I级135处、II级67处、III级12处、IV级10处,合计224处;功能性缺陷养护等级:I级335处、II级107处、III级31处、IV级60处,合计533处。部分管道功能性缺陷(沉积、障碍物)见图6。

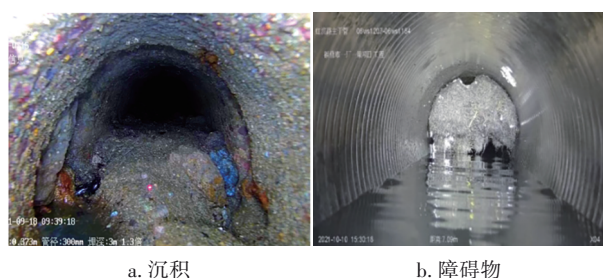


图6 部分管道功能性缺陷(沉积、障碍物)

Fig.6 Pipeline functional defects(deposition and obstacles)

## 2.2 存在外水入侵

根据污染物特征因子法计算,第一污水厂约有 $1.65 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 清水进入污水处理系统,占进水总量的38%。城区外水主要包括山泉水截流、河潮水倒灌以及管网破损导致的河水入侵等三种类型。

### 2.2.1 山泉水截流

现状城区存在多处雨污水通过水利沟渠排放的问题。福鼎市近些年虽然建了部分截污工程,但是截流不彻底,将混有上游山泉水的水利沟渠截至污水主干管网系统,造成大量清水入侵。以老虎湾片区为例,老虎湾上游山水原本通过水利沟渠疏解至龙山溪,中下游两岸居民生活污水及雨水均排至该沟渠。2018年随着城区排水系统改造,下游水利沟渠变成盖板暗渠,并在河边排口处设置了截污管道,将上游的山泉水、雨水、污水均截至河对岸天湖路的污水管道,最终汇至污水处理厂。通过污染物特征因子法初步测算,通过该项工程约有 $0.7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 清水进入污水系统。

### 2.2.2 河水、潮水倒灌

城区东南、西南侧与沙埕港接壤,受潮汐影响严重。市区河道入海口多年平均高潮位2.48 m,历史最高潮位4.56 m。每月有10 d大潮,分别在初一

至初五和十五至二十。桐山溪下游属于感潮河段,大潮时段河道水位骤增,各排出口受高水位顶托,易形成倒灌,上游管线由于存在雨污混错接问题,河水经雨水排放口会倒灌至污水系统。

### 2.2.3 管网破损

现状建成区多处污水管网存在破裂、渗漏、脱节等问题,当某片区管网存在外水流入渗入时,将表现出下游节点的流量显著大于上游节点,同时下游节点的水质浓度低于上游节点的特征<sup>[1]</sup>。根据已经开展的CCTV检测结果,福鼎市污水系统至少存在多处渗漏位置,主要为两种形式:一种是线漏,即持续从接缝处缺陷点流出;另一种是喷漏,即水从接缝处破裂点大量涌出。因为管网漏损造成大量河水和地下水进入污水系统,对污水进行稀释,使得末端污水处理厂进水浓度低、处理效果差。

## 3 提质增效思路及对策

根据第一污水厂现状分析,其核心问题主要包括污水应收未收和大量清水混流入侵。为解决上述问题,实现“提高污水收集效能和保证污水处理效能”双目标,福鼎市污水提质增效的主要技术路线如图7所示。

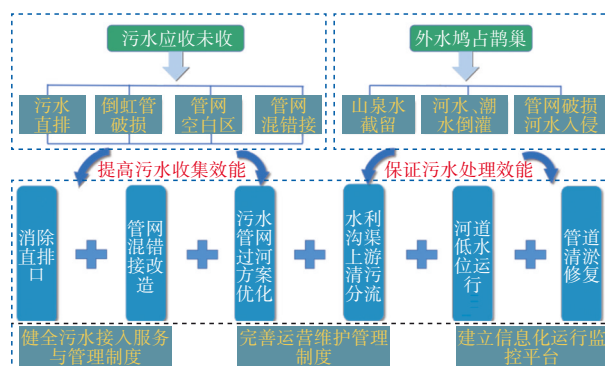


图7 污水处理体制增效“一厂一策”技术路线

Fig.7 Technical route of “one plant, one policy” for sewage treatment improvement

## 3.1 收污水——提高污水收集效能

### 3.1.1 消除直排口

对桐山溪、龙山溪及后胆溪沿岸直排口进行溯源分析,近期重点对影响比较大的龙山溪进行截污治理。龙山溪两岸虽然已建设有污水主干管,但由于管道标高较高,仅能收集两侧地势较高区域的污水,部分沿河排口的合流污水无法截流汇入污水主干管。为解决龙山溪沿河排口问题,上游合流系统



的雨污分流改造时间长,见效较慢,且龙山溪两侧的主干管已形成,考虑沿着河道内仍存在的排污口区域设置截污管道,将污水截流后,在合适位置设加压泵池,将污水提升后就近汇入现状污水主干管系统,最终汇入第一污水处理厂。

通过对龙山溪两侧排污口进行截污改造,消除沿河直排口,估测可将约2 500 m<sup>3</sup>/d的污水接入污水系统,有效提升污水厂进水量和污染物浓度。

表1 混错接改造对策

Tab.1 Countermeasures for mixed and wrong connection of pipe network

项 目	混错接类型	措施与对策
商铺排出管 接雨水口	沿街商铺污水支管-雨水口	分布较集中的商铺,沿街新建污水支管,将沿街店铺污水统一接改至新建污水支管;分散商铺就近改接入市政污水管道
小区排出管 接排水支管	分流制雨水管-污水支管	重新建立连接,原管段封堵填实
	分流制污水管-雨水支管	
	混流管/合流管-污水管	临时截流改造/雨污分流改造,重新建立连接,原管段封堵填实
	混流管/合流管-雨水管	
排水支管 接排水干管	雨水支管-污水干管	重新建立连接,原管段封堵填实
	污水支管-雨水干管	
	合流支管-雨水干管	临时截流改造/雨污分流改造,重新建立连接,原管段封堵填实
	合流支管-污水干管	
明渠接排水管	清水-污水管/合流管	重新梳理关系,剥离清水

### 3.1.3 污水管网过河方案优化

目前由于流美大桥倒虹管破损,导致山前片区污水不能得到有效的收集和处理,部分污水通过倒虹管直接外泄至桐山溪。为了尽量减少污水外流,规划方案坚持近远期结合,采用原管网修复与新建管网同步实施。近期主要对河床内的现状管道进行改造修复,采用原管运行方案转输桐山溪以东片区污水;远期通过新建2条DN800的倒虹管,实现山前片区污水高效转输。由于倒虹管设计需要考虑寿命久、管段长、耐冲刷及对河床基础要求低等需求,新建倒虹管建议选用钢管。

## 3.2 挤外水——保证污水处理效能

### 3.2.1 水利沟渠上游清污分流工程

针对老虎湾上游因截污工程导致大量山泉水进入污水系统等问题,规划在老虎湾上游沿山体等高线接近居民区上延部修建截洪沟作为清水通道,截洪沟截流山洪后汇流至龙苑路,沿龙苑路、龙山南路向南行至太姥大道,最终进入龙山溪。该方案的原则是既要实现清污分流,又让污水有路可走。

### 3.2.2 河道低水位运行

控制河道水位,保持河道低水位运行,对于降

### 3.1.2 管网混错接改造

我国城镇排水管道错接混接、沿街商铺违法排污、工业企业偷排等问题较为普遍,分流制雨水管道成为“藏污纳垢”的重要场所<sup>[2]</sup>。结合排水户类型和管网普查结果,将混错接类型主要分为雨水口接排水支管、小区排出管接排水支管、排水支管接排水干管以及明渠接排水管四种类型,分类提出建成区混错接改造对策,见表1<sup>[3]</sup>。

低水位有困难的水体,加设必要装置和实施科学的截流对策,解决河水倒灌问题。比如一些防倒灌井盖,晴天时防止河水、潮水倒灌,雨天时要保证排口能及时打开。同时明确河道水位和排口之间的调度关系,特别是排口水位低于河道水位时,应明确日常和汛期的排口防倒灌措施调度机制,保证日常截流防倒灌和汛期的排水通畅有机结合。

### 3.2.3 管道清淤修复

通过制度保障定期开展巡查清淤,对于巡查发现的功能性缺陷,及时组织养护力量开展清淤作业,保障管道运行通畅。建议市区污水管道重要路段清淤频次不少于2年一次,其他路段清淤频次不少于3年一次;对全市污水主干管(DN600及以上管道),每2年清淤一次,其他管道每3年清淤一次。管道修复方式包括开挖翻建和非开挖修复,针对已列入近期城建计划的改造道路,采用开挖翻建的方式对污水管道进行替换,其他破损严重的管道主要采用非开挖修复技术,利用原管位使管道获得修复。

## 3.3 重管理——强化长效机制保障

通过强化生活污水接入管网管理、规范工业企

业排水管理、加强经营性排水单位和个人接驳管理等措施健全污水接入服务与管理制度<sup>[4]</sup>。建立“厂网一体”或“厂网河湖一体”专业运维长效机制,实现政府监管下的责权利统一、污水处理系统绩效考核统一、水环境治理效益最大化。通过智慧排水平台的建设,构建“源头-管网-水厂-河道”一张图,实现“厂-网-河”一体化管理,不断提高水务管理效率和精度。

#### 4 结论

福鼎市污水提质增效策略以污水处理厂进水浓度提升为导向,通过管网排查及重要节点水质水量分析,确定污水厂进厂浓度低的主要原因包括污水应收未收和外水“鸠占鹊巢”,结合水质水量平衡分析结果,定位重点问题区域。通过消除直排口、新建过河倒虹管、改造混错接管段、实施清污分流、降低河道运行水位以及修复破损管道等多项措施,提升污水收集率,实现污水厂进厂BOD<sub>5</sub>浓度达标的目标要求。

#### 参考文献:

- [1] 张旭东,马振华,王海玲,等. 基于排水系统提质增效的集约治滇探索与实践[J]. 中国给水排水,2022,38(4):125-132.
- ZHANG Xudong, MA Zhenhua, WANG Hailing, *et al.* Exploration and practice of integrative management of Dianchi Lake based on the quality and efficiency improvement of drainage system [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(4): 125-132 (in Chinese).

- [2] 孙永利. 城镇污水处理提质增效的内涵与思路[J]. 中国给水排水, 2020, 36(2): 1-6.
- SUN Yongli. Connotation and way of quality and efficiency improvement of municipal wastewater treatment[J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(2): 1-6(in Chinese).
- [3] 王召森,莫罹,徐丽丽,等. 标本兼治、重点突破——中小城市污水处理提质增效的建设实践[J]. 给水排水, 2021, 47(S1): 99-103, 109.
- WANG Zhaosen, MO Li, XU Lili, *et al.* Address both symptom and root causes, and make breakthrough in key areas: urban sewage treatment improvement practice of medium and small cities [J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47(S1): 99-103, 109(in Chinese).
- [4] 孙嘉宁,郭陈嫻,俞昀肖. 城镇污水处理系统提质增效案例研究——以海宁尖山污水处理厂为例[J]. 科技经济导刊, 2021, 29(18): 100-102.
- SUN Jianing, GUO Chenxian, YU Yunxiao. Case study of urban sewage treatment system improvement: a case study on Jianshan sewage treatment plant in Haining [J]. Technology and Economic Guide, 2021, 29(18): 100-102(in Chinese).

作者简介:胡小凤(1986—),女,内蒙古包头人,硕士,高级工程师,主要从事水环境整治、排水防涝等相关研究工作。

E-mail: yuanjuyifang@163.com

收稿日期:2022-04-29

修回日期:2022-05-05

(编辑:衣春敏)

珍惜资源,保护环境,建设美丽中国