

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.20.010

# 卫生防护距离受限下污水厂的扩建提标工程设计

黄俊杰, 程顺健

(福州城建设计研究院有限公司, 福建 福州 350001)

**摘要:** 随着城市的发展,与周边敏感点的卫生防护距离不足是制约污水厂扩建提标工程实施的主要因素。抚州某污水厂原规模为 $1.5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,现需扩建至 $3\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,同时出水水质由一级B标准提升至一级A标准,污泥含水率由80%降低至60%,扩建提标工程卫生防护距离受限。实践证明,污水处理工艺采用“改良 $A^2/O$ +高密度沉淀池+精密过滤器”,污泥处理工艺采用“污泥浓缩池+调理池+厢式隔膜压滤机”,可保证出水水质和污泥含水率稳定达标。通过优化总平布置、采用集约型设计、对构筑物进行加盖除臭等措施,可以降低卫生防护距离,并通过环评报告论证及验收。

**关键词:** 扩建提标; 卫生防护距离; 总平面布置; 集约型设计; 除臭

**中图分类号:** TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2022)20-0055-06

## Design of Wastewater Treatment Plant Expansion and Upgrading Project with Limited Health Protection Distance

HUANG Jun-jie, CHENG Shun-jian

(Fuzhou City Construction Design & Research Institute Co. Ltd., Fuzhou 350001, China)

**Abstract:** The development of the city leads to the lack of health protection distance from the surrounding sensitive points, which has become the main factor restricting the implementation of wastewater treatment plant expansion and upgrading projects. The original scale of a wastewater treatment plant in Fuzhou was  $1.5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ , and now it needs to be expanded to  $3\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ . In addition, the effluent quality is required to upgrade from first level B standard to first level A standard, and the sludge water content needs to be reduced from 80% to 60%. However, health protection distance of the expansion and upgrading project is limited. The wastewater treatment process of improved  $A^2/O$ , high density sedimentation tank and precision filter and the sludge treatment process consisting of sludge thickening tank, conditioning tank and van-typed diaphragm filter press ensured that the effluent quality and sludge water content stably met the standard. The health protection distance was reduced by optimizing the general layout, adopting intensive design and covering for deodorization, which had passed the environment impact assessment demonstration and acceptance.

**Key words:** expansion and upgrading; health protection distance; general layout; intensive design; deodorization

抚州市某生活污水处理厂一期工程建成于2009年,规模 $1.5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,污水处理采用粗格栅及提升泵房+细格栅及旋流沉砂池+改良型 Carrousel 氧化沟+二沉池+紫外消毒池工艺,污泥处理采用储

泥池+带式浓缩脱水一体机工艺。设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级B标准,出水最终排入抚河。污泥含水率降至80%以下,处置方式为用作园林绿化用肥。

近一年以来,污水厂进水量不断增大,已超负荷运行。污水厂出水水质标准较低,为满足更为严格的环保要求,改善水环境质量,当地政府部门文件要求将污水厂出水水质提升至一级A排放标准。此外,为了提升卫生环境质量,当地政府逐步取消污泥作为园林绿化用肥,将处置方式改为焚烧发电,而该污水厂污泥含水率较高(80%)、热值低,不满足污泥焚烧规范要求(含水率<60%)。因此,为了满足污水处理需要及相关政策要求,需对污水厂进行扩建及提标改造。

## 1 污水处理厂现状

### 1.1 实际运行状况

根据污水厂一期可研、初设以及实际运行报表(2017年4月—2018年3月),污水厂设计及实际运行进、出水水质见表1。

表1 原设计及实际进、出水水质

Tab.1 Original design and actual influent and effluent quality

项 目	原设计 进水	原设计 出水	实际进水	实际出水	一级A 标准
水量/(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> )	1.5		1.55±0.28		
COD/(mg·L <sup>-1</sup> )	220	60	138±17	15±4	50
BOD <sub>5</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	120	20	59±7	6.7±1.2	10
TN/(mg·L <sup>-1</sup> )	35	20	21±1	6.0±0.6	15
NH <sub>3</sub> -N/(mg·L <sup>-1</sup> )	25	8(15)	14±2	1.26±0.99	5(8)
TP/(mg·L <sup>-1</sup> )	3	1.0	1.68±0.26	0.63±0.20	0.5
SS/(mg·L <sup>-1</sup> )	200	20	102±16	13±3	10

注: 实际进、出水水质样本数为365个,误差分析按10%~90%保证率计算。

由表1及现场调查可知:①污水厂已满负荷运行,平均进水量为1.55×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d,预测未来进水量将进一步提升,需进行扩建;②原处理设施适用性及运行状况良好,出水水质能稳定达到一级B排放标准,不能达到一级A标准的指标主要为TP和SS;③实际进水浓度较低并且波动较小,主要原因可能是工程所在地地下水位较高,且排水管道多为HDPE双壁波纹管,年久失修,导致地下水渗入。

### 1.2 存在问题及设计难点

① 为满足一级A标准对总氮的要求,原氧化沟需降负荷运行。随着厂外雨污管网改造工程(包括管网修复与替换、雨污分流等)的实施,地下水渗水量将减少,进厂TN浓度将进一步提高,通过复

核,氧化沟缺氧段停留时间为2.8 h,难以满足出水TN从一级B的20 mg/L提高至一级A的15 mg/L。

② 无法利用原污泥脱水工艺将污泥含水率降至60%以下。带式压滤机出泥含水率只能达到80%,若需进一步降低污泥含水率,需更改污泥脱水工艺及土建形式。

③ 污水厂被周边居民楼包围,其周边用地情况见图1。拟选择用地与居民楼的卫生防护距离不满足《城市排水工程规划规范》(GB 50318—2017)要求的150 m。污水厂未预留远期用地,原生产构筑物距离南侧、西北侧、东北侧居民楼分别为108、95、98 m。再者污水处理厂南北侧均有高压架空线,南北两侧高压线分别为110、220 kV,距离构筑物分别为25、18 m,新建构(建)筑物需退让架空线边导线15 m。此外,厂内有两条城市排洪渠穿过,两排洪渠在厂区北侧137 m处交汇。这三方面因素进一步加剧了卫生防护距离的不足。通过多方讨论及方案比选,只有污水厂北侧两条排洪渠包围地块可作为意向选址,但拟选择用地距离西侧居民楼约为88 m,距离东侧居民楼仅10 m。

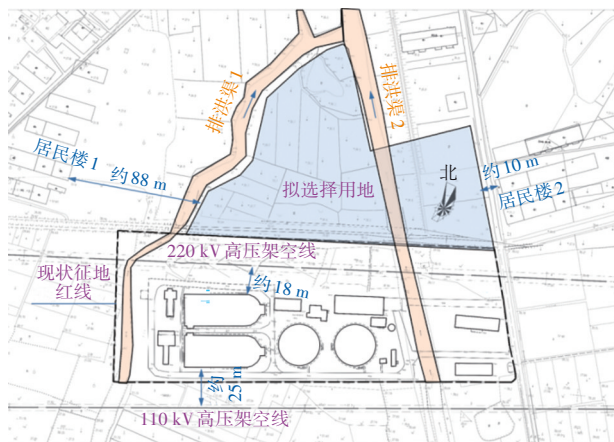


图1 原污水厂周边情况示意

Fig.1 Schematic diagram of the surrounding situation of the original WWTP

## 2 扩建及提标改造方案

### 2.1 设计规模及水质

根据总体规划及相关政府文件批复,本期扩建后污水处理厂总处理规模为3×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d,远期规划总规模为4×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d。考虑到随着周边居民区的不断发展,污水厂远期扩建用地将更为紧张,而且对深度处理、污泥处理等设施按远期设计,占地增量较小。本期工程对原系统进行降负荷运行,负荷降

至  $1.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。因此,本期工程一级、二级处理设计规模为  $1.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,深度处理及污泥处理设计规模为  $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

通过对实际进水水质进行分析,并考虑污水厂厂外正在进行雨污管网改造工程,为了留有余量,本期工程设计进水水质沿用原设计值。设计出水水质执行一级A排放标准。

## 2.2 工艺方案选择

工艺选择遵循“充分利用现有设施、合理利用地形条件、采用集约化设计、缩小构筑物与构筑物的间距、臭气源大的构筑物远离居民楼集中布置”的总体设计原则。有机物(COD、 $\text{BOD}_5$ )和氮的达标应在二级处理工艺单元中完成,特别是TN和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除;深度处理工艺主要起到进一步去除TP和SS的作用。

生化处理采用改良 $\text{A}^2/\text{O}$ 工艺,通过增大水深,可以减少占地面积和节省曝气量<sup>[1]</sup>,生化池池顶加盖除臭,增设绿化。二沉池采用圆形周进周出式,负荷较高,可进一步节省占地。深度处理工艺采用高密度沉淀池+精密过滤器+接触消毒池,以保证出水水质达到一级A标准,加药间叠建于接触消毒池之上。污泥处理采用污泥浓缩池+调理池+厢式隔膜压滤机工艺,出泥含水率可降至60%以下,满足焚烧处置要求<sup>[2]</sup>。污泥脱水设施原地拆除重建,同时考虑临时脱水站点,保证不停产改造。一级处理系统、生化池、污泥处理系统等最大限度远离居民楼集中布置。扩建提标后污水厂工艺流程见图2,平面布置见图3。

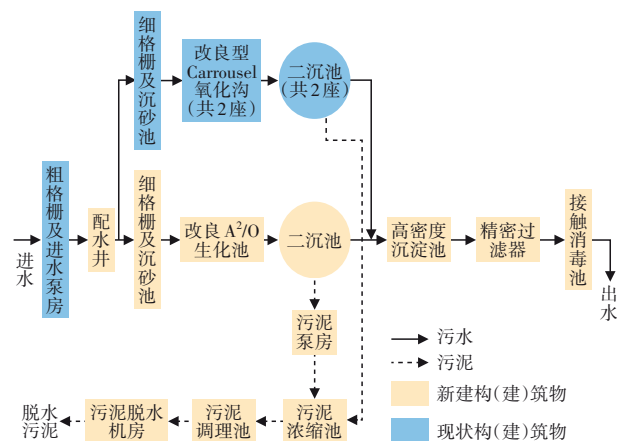
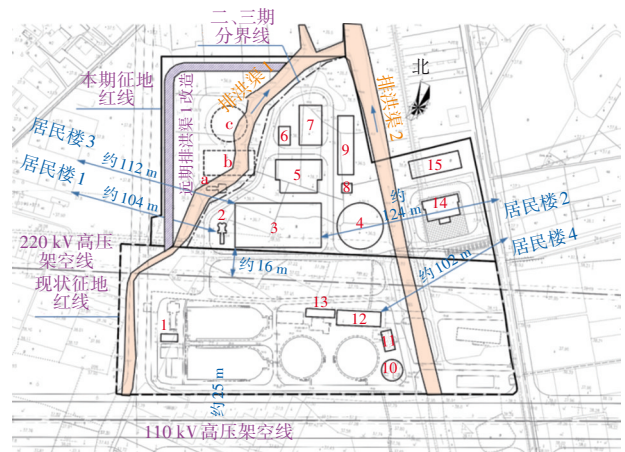


图2 扩建提标后工艺流程

Fig.2 Process flow chart after expansion and upgrading



1. 配水井 2. 细格栅及旋流沉砂池 3. 改良 $\text{A}^2/\text{O}$ 生化池 4. 二沉池
5. 高密度沉淀池 6. 精密过滤器 7. 接触消毒池及加药间 8. 污泥泵井
9. 鼓风机房及变配电间 10. 污泥浓缩池 11. 污泥调理池 12. 污泥脱水机房 13. 除臭装置 14. 化验休息间 15. 污泥临时脱水设施
- a. 远期细格栅及旋流沉砂池 b. 远期生化池 c. 远期二沉池

图3 扩建及提标改造工程平面布置

Fig.3 Plane layout of the expansion and upgrading project

## 3 主要处理构筑物设计

### 3.1 扩建工艺设计

#### ① 配水井

污水厂多组运行需建设配水井。根据一、二、三期规模,设置各期堰长比例为一期:二期:三期=6:9:5。配水井平面尺寸为11.60 m×5.30 m,每格出水设置一套手动附壁式闸门,单独控制。

#### ② 细格栅及旋流沉砂池

共1座,分2格。平面尺寸为14.37 m×5.76 m。设置回转式格栅2台,栅宽800 mm,栅条间隙5 mm。沉砂池直径2.43 m,设置两套旋流除砂成套设备, $P=1.1 \text{ kW}$ 。

#### ③ 改良 $\text{A}^2/\text{O}$ 生化池

共1座,平面尺寸为59.30 m×30.50 m,有效水深6.5 m。总HRT为13.78 h,其中选择区0.48 h、厌氧区1.50 h、缺氧区4.00 h、好氧区7.80 h,设计污泥回流比为100%,混合液回流比为200%。

#### ④ 二沉池

共1座,  $\varnothing 31.8 \text{ m}$  (含壁厚),池边水深4.6 m。采用周进周出辐流式二沉池,表面水力负荷为  $1.44 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。设置中心传动单管吸泥机1套,  $\varnothing 31 \text{ m}$ ,  $N=0.37 \text{ kW}$ 。

#### ⑤ 污泥泵井

共1座,平面尺寸为10.20 m×6.40 m。设置3



台潜水回流污泥泵(2用1备),  $Q=375\text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H=90\text{ kPa}$ ,  $N=15\text{ kW}$ ; 设置3台潜水剩余污泥泵(2用1备),  $Q=80\text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H=120\text{ kPa}$ ,  $N=5.5\text{ kW}$ 。

#### ⑥ 鼓风机房及变配电间

共1座, 平面尺寸为  $40.60\text{ m}\times 10.80\text{ m}$ 。设置4个机位, 本期安装3台罗茨鼓风机(2用1备),  $Q=37.5\text{ m}^3/\text{min}$ ,  $P=80\text{ kPa}$ ,  $N=75\text{ kW}$ 。远期增设1台。

### 3.2 深度处理工艺设计

#### ① 高密度沉淀池

共1座, 分两格, 平面尺寸为  $25.25\text{ m}\times 31.80\text{ m}$ 。中间提升泵井合建于高密度沉淀池, 有效容积满足单泵5 min流量。总停留时间为56.3 min, 混合区、絮凝区停留时间分别为1.6、10.3 min, 斜管沉淀区上升流速为  $13.2\text{ m/h}$ 。污泥回流系数为0.05。PAC投药量为  $20\sim 30\text{ mg/L}$ , PAM投药量为  $0.5\sim 1.0\text{ mg/L}$ 。

#### ② 精密过滤器

共1座, 平面尺寸为  $15.25\text{ m}\times 8.05\text{ m}$ 。采用旋离心式转鼓过滤器, 通过重力自流连续自动反冲洗, 反冲洗水采用滤后水。共设置2台精密过滤器, 主体材料为304L, 滤网材料为316L, 过滤精度  $10\text{ }\mu\text{m}$ , 编织式滤网。反冲洗水泵功率4 kW, 减速器功率0.75 kW。

#### ③ 接触消毒池及加药间

共1座, 加药间、在线监测室建于消毒池上方, 平面尺寸为  $27.40\text{ m}\times 15.50\text{ m}$ 。停留时间为30 min, 采用成品次氯酸钠消毒, 投加浓度为  $8\sim 10\text{ mg/L}$ , 储药量大于7 d用量。

### 3.3 污泥提标工艺设计

#### ① 污泥浓缩池

共1座,  $\varnothing 14.70\text{ m}$ (含壁厚)。固体负荷为  $30\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。设置悬挂式中心传动浓缩机1台,  $\varnothing 14.0\text{ m}$ ,  $H=4.60\text{ m}$ (有效水深),  $P=1.10\text{ kW}$ 。为了避免生物污泥二次释磷, 将高密度沉淀池的剩余化学污泥排放至污泥浓缩池, 充分利用其中的混凝剂和絮凝剂, 并预留污泥浓缩池的除磷药剂投加设施, 去除上清液中的TP。

#### ② 污泥调理池

共1座, 分两格, 平面尺寸为  $15.10\text{ m}\times 7.10\text{ m}$ 。设置有效容积可一次调理1 d的污泥量, 分两次泵送至脱水机房脱水。因污泥最终处置为焚烧发电, 调理剂采用PAC与PAM。PAM加药量为干污泥质

量的0.1%, PAC加药量为干污泥质量的8%。设置2台调质池框架式搅拌机,  $P=11\text{ kW}$ 。

#### ③ 污泥脱水机房

共1座, 平面尺寸为  $30.30\text{ m}\times 10.20\text{ m}$ 。设置2台厢式隔膜压滤机(含自动卸饼装置、全自动冲洗装置、污泥斜槽等), 过滤面积  $200\text{ m}^2$ , 泥饼含固率 $\geq 40\%$ , 干泥量 $\geq 0.85\text{ tDS}/\text{次}$ , 过滤周期 $< 3.5\text{ h}/\text{次}$ 。

### 3.4 除臭设计

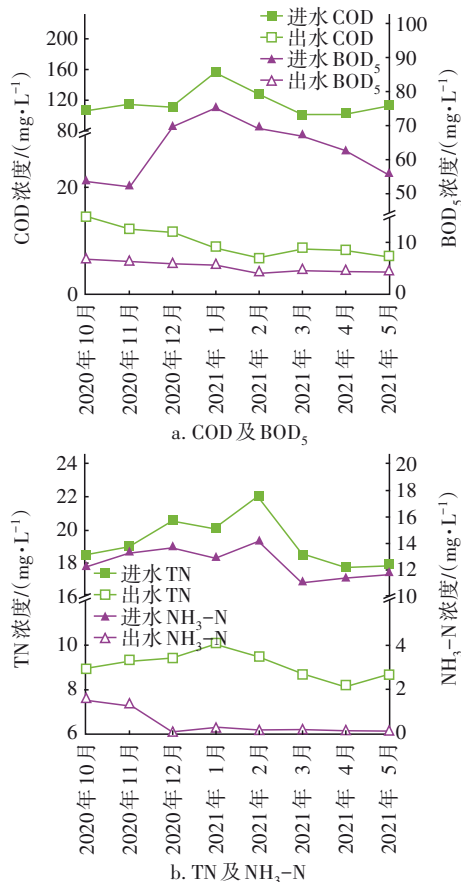
为了保证臭气浓度在厂界达标, 设置1套生物滤池除臭装置, 对氨、硫化氢、臭气等去除率大于95%。对原一级处理系统及新建配水井、细格栅及旋流沉砂池、改良A<sup>2</sup>/O生化池、污泥浓缩池、调理池、污泥脱水机房等进行密封除臭。除臭装置处理能力为  $17\,000\text{ m}^3/\text{h}$ , 排气筒高度大于15 m。

## 4 实际运行效果及主要技术经济指标

### 4.1 实际运行效果

扩建及提标改造工程于2020年6月顺利通水, 目前已调试运行完毕, 运行稳定。

扩建及提标改造后实际进、出水水质及水量月均值见图4。



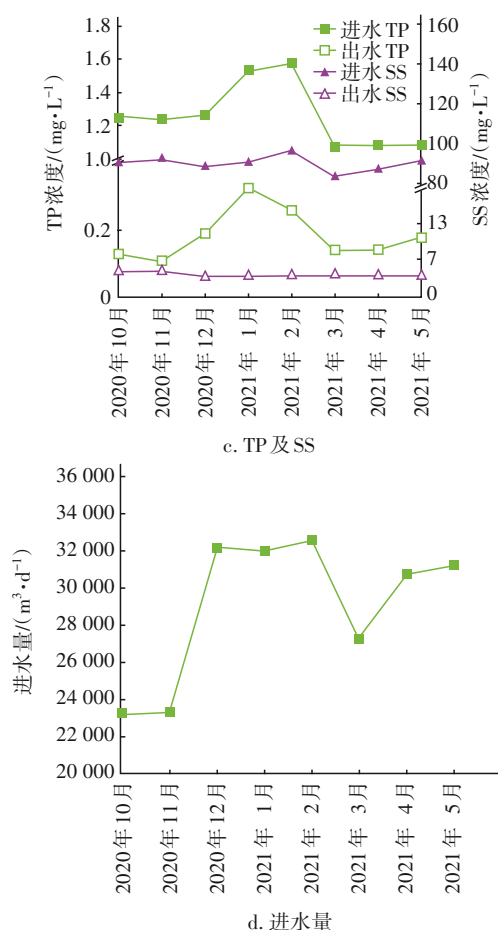


图4 扩建及提标改造后实际进、出水水质与水量

Fig.4 Actual influent and effluent quality and quantity after expansion and upgrading

由图4可见,扩建及提标改造工程实施后,出水COD、BOD<sub>5</sub>、TN、NH<sub>3</sub>-N、TP、SS浓度均值分别为9.8、5.3、9.1、0.5、0.19、4 mg/L,大大优于一级A排放标准,甚至优于地表水准Ⅳ类标准。对比工程实施前后,在污水处理厂均为满负荷运行的情况下,虽然在工程实施后进水COD、NH<sub>3</sub>-N、TP、SS等指标有所下降,下降幅度分别为16%、10%、24%、10%,但出水水质下降幅度更为明显,分别为35%、60%、70%、69%。这表明高密度沉淀池+精密过滤器深度处理工艺对COD、TP、SS具有良好的去除效果。NH<sub>3</sub>-N的进一步去除与改造后生化段停留时间延长有关。

#### 4.2 主要技术经济指标

建设项目报批总投资为6 759.29万元,其中工程费用5 947.83万元。单位污水处理总成本1.07元/m<sup>3</sup>,单位污水处理经营成本0.92元/m<sup>3</sup>。扩建工程、提标改造工程、污泥处理工程吨水投资分别为

1 440、598、242元/m<sup>3</sup>(扩建工程按1.8×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d计,提标改造及污泥处理按4×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d计)。

#### 5 设计经验总结

① 《城市排水工程规划规范》(GB 50318—2017)要求的卫生防护距离仅为规划阶段的参考建议。该规范所定义的卫生防护距离为污水厂厂界至防护区外缘的最小距离。在实际工程实施过程中,采取相应工程措施对臭气进行阻隔、收集、处理,可进一步降低卫生防护距离的要求。在卫生防护距离受限时,环评影响评价应提前介入,与可行性研究报告同步进行编制与审批,最终卫生防护距离由环评报告进行论证确定。

② 当污水厂卫生防护距离不满足规范要求时,需根据工程实际情况优化扩建及提标改造工程的总平面布置。臭气源大的构筑物应尽量远离敏感点集中布置,与敏感点保证100 m以上间距。臭气源小的构筑物可与敏感点保证50 m以上间距。化验休息间及办公楼等建筑物基本无臭气排放,与敏感点的间距可按普通建筑物的间距设计。

③ 扩建及提标改造工程需统筹考虑近、远期总平面布置。总平面布置应按远期规模统一规划、分期建设。不同处理设施设计规模的设定,应根据投资、占地、运维等因素综合论证。对于深度处理、污泥处理、鼓风机房及变配电间等设施,可按远期规模一次性建成,这有利于后期运行管理、节省工程占地和投资。

④ 采用集约化设计可加大臭气源与敏感点的距离,进一步保证工程最终的可实施性。生化池建议采用底曝方式,可增大有效水深,减少占地。采用辐流式二沉池,表面负荷较大,甚至可将二沉池设计成矩形辐流式二沉池,并与生化池合建,进一步节省占地<sup>[1]</sup>。深度处理采用高密度沉淀池+精密过滤器工艺,处理效果好,占地小,同时通过加药间、在线仪表间与接触消毒池合建进一步减少占地。

⑤ 对臭气源逸散浓度大的构筑物进行加盖除臭,提高收集率,可保证厂界臭气浓度达标。当卫生防护距离受限时,工程对除臭要求较高,应对一级处理系统、生化池(整池)、污泥处理系统进行全部加盖除臭,同时需考虑现有设施的除臭。生化池由于跨度较大,可直接采用混凝土盖板,并在上

部种植绿化,在提高收集效率的同时,还具有景观效果。

⑥ 扩建及提标改造工程需对一期构筑物的脱氮能力进行复核。出水TN从一级B标准的20 mg/L提升至一级A的15 mg/L,一般情况利用现有系统较难达到,改造时需进行复核。通常可考虑将一期生化系统进行降负荷运行或深度处理增设脱氮构筑物等工程措施<sup>[3]</sup>。

## 6 结论

抚州市某污水处理厂选用“改良A<sup>2</sup>/O+高密度沉淀池+精密过滤器”扩建提标工艺,污泥处理采用“污泥浓缩池+调理池+厢式隔膜压滤机”工艺,实际出水水质显著优于一级A标准,污泥含水率稳定降至60%以下。在卫生防护距离受限时,通过优化总平面布置、采用集约型设计、对有害物质逸散浓度高的构筑物进行加盖除臭等措施,可以降低卫生防护距离,并通过环评报告论证及验收。

## 参考文献:

- [1] 唐凯峰,赵乐军,汤嵩瑜,等.一体化集约化建设理念用于污水处理厂提标扩建工程设计[J].给水排水,2018,44(3):55-58.
- TANG Kaifeng, ZHAO Lejun, TANG Songyu, et al. Application of integrated and intensified construction concept in the design of wastewater treatment plant's

upgradation and extension projects [J]. Water & Wastewater Engineering, 2018, 44 (3): 55-58 (in Chinese).

- [2] 冯云刚,徐云辉,戴明华,等.基于PAC+PAM调理的污泥深度脱水工程设计与运行[J].中国给水排水,2020,36(8):96-100.

FENG Yungang, XU Yunhui, DAI Minghua, et al. Design and operation of sludge deep dewatering project based on PAC+PAM conditioning [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(8): 96-100(in Chinese).

- [3] 李采芳,杨丹,王志刚. A/O+高效沉淀+深床滤池用于污水厂提标扩建[J].中国给水排水,2018,34(16):88-92.

LI Caifang, YANG Dan, WANG Zhigang. Application of A/O, high efficiency sedimentation tank, denitrification deep-bed filter process in upgrading and expansion of WWTP [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34 (16): 88-92 (in Chinese).

作者简介:黄俊杰(1991-),男,福建仙游人,硕士,工程师,国家注册环保工程师,福州城建院宁夏分公司院长,主要从事市政给排水及环境工程设计和科研工作。

E-mail:huangjunjie\_cq@163.com

收稿日期:2021-06-16

修回日期:2021-07-29

(编辑:孔红春)

积极践行人与自然和谐共生理念  
全面加强水生态文明建设