

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.14.011

# UCT/高密度沉淀池/活性砂滤池工艺用于城镇污水厂

李 婧, 赵卫兵, 袁 玺, 张 帆, 姜佳玉  
(中机十院国际工程有限公司, 北京 100101)

**摘 要:** 河北省白沟第二污水处理厂处理规模为 $3.5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,原水为市政污水和少量工业废水(比例3:1),出水执行《大清河流域水污染物排放标准》(DB 13/2795—2018)中的重点控制区标准。通过对进出水水质进行对比分析,确定COD、BOD<sub>5</sub>、TN和TP为本项目的重点控制指标。针对本项目脱氮除磷要求较高的特点,二级生物处理工艺选用UCT,通过往缺氧池投加碳源和改变传统A<sup>2</sup>O的回流方式,最大程度地发挥生物脱氮除磷效果,降低深度处理中化学除磷药剂投加量。深度处理工艺选用技术成熟的高密度沉淀池,以进一步去除污水中的COD和TP。运行结果显示,各项出水指标均稳定达标。

**关键词:** UCT; 高密度沉淀池; 活性砂滤池

**中图分类号:** TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)14-0071-04

## Application of UCT/High Density Sedimentation Tank/Active Sand Filter Combined Process in Wastewater Treatment Plant

LI Jing, ZHAO Wei-bing, YUAN Xi, ZHANG Fan, JIANG Jia-yu  
(Sinomach TDI International Engineering Co. Ltd., Beijing 100101, China)

**Abstract:** The treatment scale of Baigou second wastewater treatment plant in Hebei Province is  $3.5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ , the raw water is municipal wastewater mixed with a small amount of industrial wastewater (ratio of 3:1), and the effluent quality is required to meet the limit in the key control area specified in *Discharge Standard of Water Pollutants for Daqing River Basin* (DB 13/2795—2018). Through comparative analysis of the influent and effluent quality, COD, BOD<sub>5</sub>, TN and TP were determined as the key control indicators of this project. Due to the high requirement of nitrogen and phosphorus removal in this project, UCT was selected as the secondary biological treatment process. The performance of biological nitrogen and phosphorus removal was maximized and the dosage of chemical phosphorus removal agent in advanced treatment was reduced by adding carbon source to the anoxic tank and changing the reflux mode of traditional A<sup>2</sup>O. The mature technology of high density sedimentation tank was selected as the advanced treatment process to further remove COD and TP from wastewater. The operational results showed that all indicators were up to the discharge standard stably.

**Key words:** UCT; high density sedimentation tank; active sand filter

随着经济建设的高速发展和人口的不断增加,河北省白沟新城污水产生量日益增加,现有的白沟第一污水处理厂设计规模为 $3\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,实际污水产生量约 $4.5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,夏季峰值达 $6\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ (尚有

部分合流管线),虽采取了应急处理手段,但仍无法满足需求,为此,白沟新城规划建设白沟第二污水处理厂,规模为 $3.5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 。笔者介绍其设计经验,以供设计人员参考。

## 1 设计水量、水质

本污水厂服务覆盖年限至2023年。根据《白沟城市总体规划(2012—2030年)》,结合白沟近几年人口变化的幅度及工业规划新增用地的面积,预测2023年污水排放量约 $6.44 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。现第一污水厂处理能力为 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,则进入第二污水厂的污水量为 $3.44 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,考虑部分余量,第二污水厂按 $3.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 规模设计。

污水厂来水水质由居民产生的生活污水和工业企业排放的工业废水(比例3:1)综合确定,因白沟新城整体产业结构未发生变化,故第二污水厂设计进水水质可参考第一污水处理厂的实际进水水质,其出水水质需满足《大清河流域水污染物排放标准》(DB 13/2795—2018)中的重点控制区排放限值要求,具体设计进、出水水质见表1。

表1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	BOD <sub>5</sub>	COD	SS	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP
进水水质	175	350	200	40	55	6
出水水质	6	30		1.5(2.5)	15	0.3

## 2 处理工艺的选择

由于排污干管末端含有较大颗粒的悬浮物和漂浮物,故来水先进入粗格栅渠对杂质进行拦截,再由提升泵提升至精细格栅,进一步去除污水中颗粒较小的悬浮物和漂浮物,以免对后续设备造成干扰。

污水在收集过程中含有的砂砾需使用沉砂设施进行去除,常见的沉砂池可分为平流式、竖流式、曝气式和旋流式四种形式。平流沉砂池构造简单、处理效果较好,但沉砂中约夹杂有15%的有机物,使后续处理难度增加;竖流沉砂池处理效果一般较差,运行管理不便;旋流沉砂池占地面积小,但抗冲击负荷能力较弱;与其他形式的沉砂池相比,曝气沉砂池可通过曝气来实现对水流的调节,具有较强的抗冲击负荷能力,另一方面,曝气还有助于有机物和砂子的分离,使处理后的沉砂有机物含量更低,便于沉砂的处置。因此,本项目沉砂设施选用曝气沉砂池。

在国内城镇污水处理厂采用的二级生物处理技术中,A<sup>2</sup>/O工艺为污水生物脱氮除磷的典型工艺,其工艺流程简单、运行控制方便,工程实例众

多。但是,A<sup>2</sup>/O作为脱氮除磷并存的处理系统,存在不能同时取得较好的脱氮除磷效果的问题,而UCT工艺作为A<sup>2</sup>/O工艺的衍生工艺,因回流污泥不直接进入厌氧池,而很大程度上避免了NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N对厌氧段聚磷菌释磷的干扰,显示出比A<sup>2</sup>/O更好的生物除磷能力<sup>[1-2]</sup>;且对于进水碳源不足的污水,由于增加了从缺氧池到厌氧池的混合液回流,混合液中含有的较多溶解性BOD也为厌氧池的有机反应提供了最优条件。因此,针对本项目脱氮除磷要求较高、进水碳源不足的特点,二级生物脱氮除磷工艺选用UCT<sup>[3]</sup>。

因本项目对出水COD、BOD<sub>5</sub>、TP等指标要求更为严格,深度处理采用技术成熟的高效沉淀池+活性砂滤池来实现对各类污染物的去除,以保障出水水质的稳定达标。

由于白沟新城处于白洋淀淀区上游,临近雄安新区,为提高处理厂出水的感官性能,砂滤池出水经次氯酸钠消毒后辅以脱色处理,因臭氧脱色<sup>[4]</sup>反应迅速,没有二次污染,故脱色工艺选用臭氧氧化。

系统产生的污泥经浓缩脱水一体机脱水后进入好氧发酵车间进行发酵,发酵产物营养土由规划建设局园林绿化股用于园林绿化。

具体污水、污泥处理工艺流程见图1。

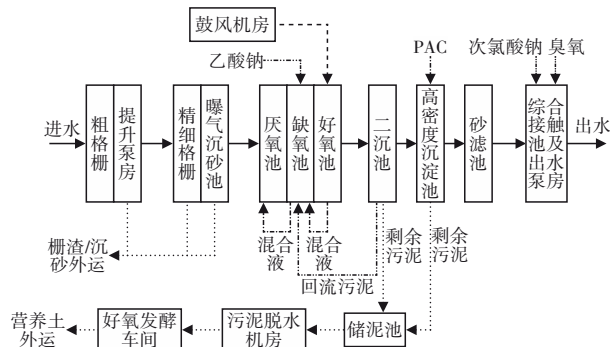


图1 污水、污泥处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of wastewater and sludge treatment process

## 3 主要构筑物及设计参数

### ① 生物综合池

生物综合池1座,集厌氧池、缺氧池、好氧池于一体,分2个系列,尺寸为 $81.4 \text{ m} \times 63.3 \text{ m} \times 5.8 \text{ m}$ 。

在缺氧池后、好氧池前设置转换池,池内设涡轮搅拌器和管式微孔曝气器,可根据实际水质,通过调整曝气器及搅拌器的开闭,切换缺氧、好氧状

态。缺氧池和转换池均设置外碳源投加点,可根据实际情况灵活投加碳源。

生物综合池总水力停留时间 16.6 h,其中厌氧池 1.8 h、缺氧池 4.9 h、转换池 1.3 h、好氧池 8.6 h。若转换池全部按缺氧池运行,则缺氧池停留时间可达 6.2 h,此时好氧池停留时间 8.6 h。若转换池全部按好氧池运行,则好氧池停留时间为 9.9 h<sup>[5]</sup>。

设计参数:污泥负荷 0.16 kgBOD<sub>5</sub>/(kgMLSS·d);污泥龄 20 d;污泥浓度 3.5 g/L;设计温度最高 25℃,最低 14℃;二沉池至缺氧池污泥最大回流比 100%,好氧池至缺氧池混合液最大回流比 400%,缺氧池至厌氧池混合液最大回流比 100%。

生物池分区布置如图 2 所示。

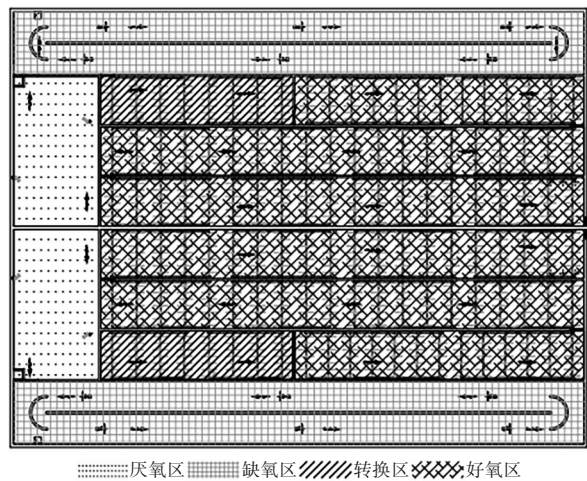


图 2 生物池分区布置

Fig.2 Partition layout of biological reaction tank

② 高密度沉淀池

高密度沉淀池<sup>[6]</sup>分为 2 格,机械搅拌区水力停留时间为 2.8 min,中间反应区水力停留时间为 90 s,快速混合反应区水力停留时间为 12.7 min,澄清区设计上升流速为 10.8 m/h,污泥回流比 2%~5%。

在机械搅拌区投加药剂聚合氯化铝,设计投加量为 49.1 mg/L。

在快速混合反应区投加药剂 PAM,设计最大投加量为 1 mg/L。

项目选用的斜管直径为 80 mm,长度为 1 000 mm,安装角度为 60°。斜管区上部设置推拉式盖板,轻质高强,可分段移动打开,既便于维护检修,又能防止太阳光直射,减少青苔滋生,延缓斜管老化<sup>[5]</sup>。

③ 活性砂滤池

活性砂滤池<sup>[6-9]</sup>分为 8 格,单格尺寸为 7.35 m×4.9 m×5.7 m,每格安装活性砂过滤器 6 台,单格过滤面积 36 m<sup>2</sup>,采用均质石英砂滤料,粒径为 1.2~2.0 mm,滤床高度 2 m,设计平均滤速 5.1 m/h,峰值滤速 7.24 m/h。

滤池采用连续气洗方式,气洗量为 0.2 m<sup>3</sup>/(min·套)。

4 实际运行效果

污水处理厂至今已运行两年左右,虽系统进水水质变化大且有时超出设计值,运行中常出现各类问题,但都能及时解决。2020 年 8 月—2021 年 7 月运行水质见表 2,可见,各项出水指标均稳定达到排放标准。

表 2 实际进、出水水质  
Tab.2 Actual influent and effluent quality  
mg·L<sup>-1</sup>

项目		COD	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	SS	TP	TN
最大值	进水	387	190	42.6	240	8.3	62.5
	出水	26	5.2	1.3	8	0.2	13.5
平均值	进水	292	150	37.3	200	5.3	45
	出水	22	4	0.9	6	0.1	12

5 建筑景观

污水厂总用地面积为 55 289.59 m<sup>2</sup>,总建筑面积为 5 297.75 m<sup>2</sup>。本工程建筑为一类工业建筑,设计使用年限 50 年,防火等级二级,除臭氧制备间火灾危险性类别为乙类外,其余建筑均为戊类,屋面防水等级为一级,抗震设防烈度为 7 度。

污水厂鸟瞰图见图 3。



图 3 污水厂鸟瞰图

Fig.3 Aerial view of the WWTP

6 主要经济指标

本工程总投资为 14 303.74 万元,其中第一部分工程费用为 11 620.76 万元,第二部分工程建设及其他费用为 1 479.01 万元,基本预备费 654.99 万



元,建设期利息307.21万元,铺底流动资金241.77万元。污水厂运行成本为1.84元/m<sup>3</sup>。

## 7 结论

① 白沟第二污水处理厂设计采用UCT+高密度沉淀池+活性砂滤池组合工艺,运行结果显示,出水水质优于设计标准。

② UCT工艺作为A<sup>2</sup>/O的衍生工艺,比A<sup>2</sup>/O工艺具有更好的生物除磷能力,在已建A<sup>2</sup>/O工艺污水处理厂的升级改造中可改用UCT工艺,以最大程度发掘生物除磷潜力。

③ 活性砂滤池具有占地面积小、截污容量大、运行维护费用低、高效节能等优点,可以在中小城镇污水处理厂深度处理中推广应用。

## 参考文献:

- [1] 郝晓地,李天宇,吴远远,等. A<sup>2</sup>/O工艺用于污水处理厂升级改造的适宜性探讨[J]. 中国给水排水, 2017, 33(21):18-24.
- HAO Xiaodi, LI Tianyu, WU Yuanyuan, *et al.* Discussion on suitability of A<sup>2</sup>/O process for upgrading of wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(21):18-24(in Chinese).
- [2] 李一龙,包宇. UCT-MBR工艺在北京市某污水处理厂提标扩容改造中的设计及运行[J]. 净水技术, 2022, 41(1):147-152.
- LI Yilong, BAO Yu. Design and operation of UCT-MBR process in upgrading and expansion project of a WWTP in Beijing City [J]. Water Purification Technology, 2022, 41(1):147-152(in Chinese).
- [3] 吴斯文,高雪,黄志华,等. 不同排放标准下污水厂提标改造工艺设计对比[J]. 工业用水与废水, 2020, 51(2):45-48.
- WU Siwen, GAO Xue, HUANG Zhihua, *et al.* Comparison of upgrading and reconstruction processes for sewage treatment plant under different discharge standards [J]. Industrial Water & Wastewater, 2020, 51(2):45-48(in Chinese).
- [4] 李一川,邓金颖,高宜. 臭氧氧化技术在污水处理厂脱色工程中的应用[J]. 辽宁化工, 2016, 45(6):717-719, 722.
- LI Yichuan, DENG Jinying, GAO Yi. Application of the ozonation technology in decolorization project of wastewater treatment plant [J]. Liaoning Chemical Industry, 2016, 45(6):717-719, 722(in Chinese).
- [5] 瞿露,张华伟. 重庆地区A-A<sup>2</sup>/O工艺污水处理厂提标改造工程实例[J]. 中国给水排水, 2019, 35(6):72-75, 88.
- QU Lu, ZHANG Huawei. A case study of upgrading and reconstruction project of A-A<sup>2</sup>/O process wastewater treatment plant in Chongqing [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(6):72-75, 88(in Chinese).
- [6] 张瑞京,沈爱莲,钱益利. EBHES®高密度沉淀池在广西某污水处理厂的应用[J]. 广东化工, 2020, 47(10):85-86.
- ZHANG Ruijing, SHEN Ailian, QIAN Yili. Application of EBHES® high-density sedimentation tank in Guangxi a WWTP [J]. Guangdong Chemical Industry, 2020, 47(10):85-86(in Chinese).
- [7] 何小燕,齐引玉. 市政污水处理中活性砂滤池的有效应用[J]. 工程建设与设计, 2019(23):145-147.
- HE Xiaoyan, QI Yinyu. Effective application of active sand filter in municipal sewage treatment [J]. Construction & Design for Engineering, 2019(23):145-147(in Chinese).
- [8] 何小燕,齐引玉,谢威龙. 斜管沉淀池-活性砂过滤工艺在城镇污水处理厂中的应用[J]. 中国市政工程, 2020(2):42-44.
- HE Xiaoyan, QI Yinyu, XIE Weilong. Application of inclined sedimentation tank-activated sand filtration process in urban sewage treatment plant [J]. China Municipal Engineering, 2020(2):42-44(in Chinese).
- [9] 汤家祥. 活性砂反硝化滤池工艺提标改造污水处理厂[J]. 广东化工, 2021, 48(23):191-193, 163.
- TANG Jiaxiang. Upgrading and reconstruction of WWTP by active sand denitrification filter [J]. Guangdong Chemical Industry, 2021, 48(23):191-193, 163(in Chinese).

作者简介:李婧(1983-),女,河南漯河人,本科,工程师,主要从事给排水工程设计工作。

E-mail:lijing\_dream@126.com

收稿日期:2022-04-26

修回日期:2022-08-23

(编辑:孔红春)