

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.14.021

# 多级 AO 与氧化沟工艺在污水厂扩建工程中应用对比

谢晓旺

(南水北调江苏水务发展有限公司, 江苏 南京 210029)

**摘 要:** 六安市某污水处理厂扩建规模为  $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 出水水质执行一级 A 标准, 综合比选确定主体工艺采用多级 AO + 高密池。与一期卡鲁塞尔氧化沟工艺运行效果对比表明, 多级 AO 工艺的反硝化脱氮能力优于氧化沟工艺, 各出水指标均能够稳定达到设计要求。介绍了主要构筑物及设计参数, 可为其他类似污水处理厂提标扩建提供参考。

**关键词:** 扩建工程; 多级 AO; 高密池; 卡鲁塞尔氧化沟; 反硝化

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)14-0127-04

## Application Comparison of Multi-stage AO and Oxidation Ditch Process in a WWTP Expansion Project

XIE Xiao-wang

(Jiangsu Water Development Co. Ltd. of South-to-North Water Diversion Project, Nanjing 210029, China)

**Abstract:** By comprehensive comparison and selection, the process of multi-stage anaerobic aerobic (AO) and high-density sedimentation tank is employed in a wastewater treatment plant with expansion capacity of  $15\,000 \text{ m}^3/\text{d}$  in Lu'an City, and the effluent quality is subject to the first level A criteria in *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002). The denitrification capability of multi-stage AO process is better than that of the oxidation ditch in the first-stage, and the effluent quality indexes can stably meet the design requirements. The main structures and design parameters are provided as reference for other similar WWTP upgrading and expansion projects.

**Key words:** expansion project; multi-stage AO; high-density sedimentation tank; Carrousel oxidation ditch; denitrification

### 1 工程概况

六安市某污水厂设计总规模为  $3.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 其中一期为  $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 污水处理采用卡鲁塞尔氧化沟 + 二沉池 + 絮凝沉淀 + 转盘过滤 + 接触消毒工艺, 污泥处理采用带式浓缩脱水一体机, 污泥含水率降至 75% 后外运。2017 年开展了二期扩建工作, 污水处理采用多级 AO + 二沉池 + 高密池 + 转盘滤池 + 接触消毒工艺, 污泥处理采用重力浓缩池 + 高压隔膜板框压滤工艺, 污泥含水率降至 60% 以下外运。二期工程于 2018 年通水, 出水水质满足《城镇

污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 A 标准。设计进、出水水质见表 1。污水处理工艺流程见图 1。二期新增占地为  $1.38 \text{ hm}^2$ , 总投资为 4 966.69 万元, 其中建筑安装工程费为 4 143.78 万元。

表 1 扩建工程设计进、出水水质

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

项 目	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	TP	NH <sub>3</sub> -N	TN
进水水质	320	160	210	3.0	30	35
排放标准	≤50	≤10	≤10	≤0.5	≤5(8)	≤15

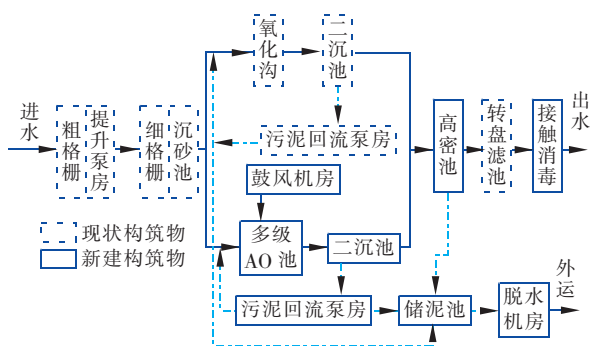


图1 污水处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of sewage treatment process

## 2 主要构筑物及设计参数

### 2.1 原粗格栅、提升泵房、细格栅、旋流沉砂池

污水自 DN1 000 市政污水主干管依次通过粗格栅、提升泵、细格栅和旋流沉砂池,这些构筑物或设备土建工程已按照  $3.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  规模建设,且格栅已按远期配备。二期设计新增潜污泵 2 台,单台流量  $478 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程 130 kPa、功率 30 kW,水泵采用自动耦合安装,变频控制。循环齿耙式粗格栅利旧,栅宽 700 mm,栅条间距 20 mm,2 台,栅前水深 1.1 m。回转式细格栅 2 台利旧,栅宽 800 mm,栅条间隙 5 mm,栅前水深 1.0 m。设旋流沉砂池 2 座,单座直径为 2.8 m,表面水力负荷为  $73.66 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

### 2.2 多级AO池

1 座 2 组,钢筋混凝土结构,厌氧+缺氧+三级 AO,设计流量  $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,尺寸为  $55.0 \text{ m} \times 37.0 \text{ m} \times 7.0 \text{ m}$ ,有效水深 6.0 m。总停留时间(HRT) 18.0 h,各级停留时间: $\text{HRT}_{\text{A1}} = 1.7 \text{ h}$ ,  $\text{HRT}_{\text{O1}} = 1.9 \text{ h}$ ,  $\text{HRT}_{\text{A2}} = 0.9 \text{ h}$ ,  $\text{HRT}_{\text{O2}} = 3.5 \text{ h}$ ,  $\text{HRT}_{\text{A3}} = 1.3 \text{ h}$ ,  $\text{HRT}_{\text{O3}} = 3.7 \text{ h}$ ,  $\text{HRT}_{\text{A4}} = 1.0 \text{ h}$ ,  $\text{HRT}_{\text{O4}} = 4.0 \text{ h}$ 。设计平均污泥浓度为  $4\,000 \text{ mg/L}$ ,剩余污泥浓度为  $2\,800 \text{ kgDS/d}$ ,污泥含水率为 99.4%,4 段配水流量分别为 20%、30%、25% 和 25%<sup>[1]</sup>。在厌氧区和缺氧区设置玻璃钢材质导流板防止污泥沉降,水力搅拌减少能耗<sup>[2]</sup>;好氧区设计硅橡胶材质曝气管 712 根,  $7.0 \text{ m}^3/(\text{根} \cdot \text{h})$ 。

### 2.3 二沉池及污泥回流泵房

二沉池 2 座,钢筋混凝土结构,设计总流量为  $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,直径为 24 m,池边水深为 3.5 m,表面负荷为  $1.0 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,各配套中心传动单管吸泥机 1 台。

1 座污泥回流泵房,钢筋混凝土结构,尺寸为  $9.0 \text{ m} \times 4.5 \text{ m} \times 5.0 \text{ m}$ ,集剩余污泥排放和多级 AO 池污泥补充功能为一体,污泥回流比按 100% 设计,配备污泥回流泵 3 台,2 用 1 备,单泵流量  $500 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程 70 kPa、功率 15 kW。设剩余污泥泵 2 台,1 用 1 备,单泵流量  $80 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程 100 kPa、功率 5.5 kW。

### 2.4 高密池

1 座 2 组,钢筋混凝土结构,尺寸为  $32.5 \text{ m} \times 26.0 \text{ m} \times 7.1 \text{ m}$ 。一、二期二沉池出水均进入高密池,设计流量为  $3.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,混合池停留时间 3 min,速度梯度  $71 \text{ s}^{-1}$ ,反应池停留时间 15 min,最大速度梯度  $170 \text{ s}^{-1}$ ,澄清区表面负荷为  $5.5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,有效水深 6.0 m。设计快速混合搅拌器 1 台,  $\phi 1\,500 \text{ mm}$ ,功率 5.5 kW;絮凝反应搅拌筒 2 套, 7.5 kW;高效浓缩刮泥机 2 套,  $\phi 12.7 \text{ m}$ ,功率 1.5 kW。污泥回流比 5%,配套污泥回流泵 4 台,2 用 2 备,剩余污泥 2 台,互为备用,单泵流量  $46 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程 200 kPa、功率 11 kW。

### 2.5 原转盘滤池

1 座 2 组,钢筋混凝土结构,土建工程已按  $3.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  建设,尺寸为  $9.8 \text{ m} \times 6.1 \text{ m} \times 3.85 \text{ m}$ 。本次新增一套纤维转盘,盘片直径  $\phi 2\,000 \text{ mm}$ ,共 14 片,有效面积为  $5.7 \text{ m}^2/\text{片}$ ,采用尼龙纤维织成绒毛状表面及聚酯纤维滤布,孔径为  $10 \mu\text{m}$ 。配套电机转速  $2.2 \text{ r/min}$ ,功率 0.75 kW。

### 2.6 接触消毒池

新增一座接触消毒池与原消毒池串联,钢筋混凝土结构,尺寸为  $14.6 \text{ m} \times 12.5 \text{ m} \times 5.8 \text{ m}$ 。采用次氯酸钠消毒,接触时间 30 min。

### 2.7 污泥浓缩池

1 座,钢筋混凝土结构,直径 12 m,池边水深为 4.0 m。污泥浓缩池对一、二期生化池和高密池污泥进行重力浓缩,污泥固体负荷  $66.34 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ,配套中心传动污泥浓缩机 1 台。

### 2.8 脱水机房

1 座 2 层,框架结构,尺寸为  $25.0 \text{ m} \times 19.0 \text{ m} \times 10.70 \text{ m}$ 。取消一期带式浓缩一体机,新建厢式自动隔膜压滤机用于整个厂区的污泥脱水。

进泥绝干污泥量为  $6.3 \text{ t/d}$ ,进泥含水率为 97%;出泥含水率  $\leq 60\%$ ;脱水机房进泥来自污泥调

理池,进泥量为  $210 \text{ m}^3/\text{d}$ ,出泥量为  $18.75 \text{ t/d}$ 。采用石灰、铁盐(PFS)及PAM作为污泥调理剂:PAM投加量按干泥的  $0.1\% \sim 0.3\%$  设计,投加药剂浓度为  $0.3\%$ ;石灰投加量按干泥的  $15\% \sim 20\%$  设计;PFS投加量按干泥的  $3.0\%$  设计,投加药剂浓度为  $10\%$ 。

设厢式自动隔膜压滤机2台,进料压力为  $1.2 \text{ MPa}$ ,过滤面积为  $250 \text{ m}^2$ ,过滤周期  $3.5 \sim 4 \text{ h}$ ,每天工作4周期;配套压榨离心泵2台,单台流量  $7.0 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程  $1.6 \text{ MPa}$ 、功率  $7.5 \text{ kW}$ ;配套洗布柱塞泵1台,单台流量  $215 \text{ L/min}$ 、扬程  $6 \text{ MPa}$ 、功率  $30 \text{ kW}$ 。

## 2.9 鼓风机房

1座,框架结构,尺寸为  $12.0 \text{ m} \times 8.7 \text{ m} \times 6.1$

m。设置3台变频空气悬浮鼓风机,2用1备,单台  $Q=42 \text{ m}^3/\text{min}$ 、风压  $70 \text{ kPa}$ 、功率为  $75 \text{ kW}$ 。

## 3 运行效果对比与分析

2019年平均进水量达  $2.45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,通过配水井向一、二期平均分配流量。一期氧化沟共2座,总停留时间约  $25 \text{ h}$ ,二期多级AO停留时间为  $18 \text{ h}$ 。多级AO能够达到较高且具有一定梯度的污泥浓度,相比设计污泥浓度为  $3000 \text{ mg/L}$  的氧化沟,解决了二期在原厂内部扩建用地紧张的问题,同时因污泥浓度较高、停留时间短,生物池土建工程投资节省近  $25\%$ 。对比2019年12月水质化验日报,对一、二期不同工艺等量同质进水条件下的运行效果分析如表2所示。

表2 多级AO与氧化沟工艺处理效果对比

Tab.2 Comparison of treatment effect between multi-stage AO and oxidation ditch process

项目	进水浓度/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )		多级AO出水浓度/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )		多级AO 去除率/%	氧化沟出水浓度/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )		氧化沟去 除率/%
	波动范围	均值	区间	均值		区间	均值	
COD	257 ~ 1191	579.2	16.6 ~ 48.9	35.6	93.8	17.2 ~ 42.8	28.7	95.1
SS	53 ~ 152	100.9	4 ~ 27.5	12.8	87.3	3.8 ~ 18	10.9	89.2
TP	1.01 ~ 7.63	3.6	0.05 ~ 0.48	0.21	94.1	0.06 ~ 0.55	0.24	93.4
$\text{NH}_3 - \text{N}$	16.4 ~ 38.6	31.8	0.15 ~ 10.8	4.7	85.2	0.1 ~ 5.7	0.7	97.7
TN	14.0 ~ 54.2	36.0	9 ~ 16.8	12.8	64.4	7.2 ~ 19.2	12.8	64.4

① 在实际进水COD平均值超过设计值一倍、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 和TN略超标的条件下,多级AO和氧化沟工艺各项指标均能稳定达标。因服务范围除两个城区外还包括一个产业园,主要为建材和生物制药产业,上游排污监管不利,导致多项指标超过进水设计值。从2019年全年水质看,3月、6月、11月进水COD超标呈常态,最高值达到  $1850 \text{ mg/L}$ ,B/C值为  $0.33 \sim 0.45$ 。实际运行中一期氧化沟污泥浓度控制在  $4500 \text{ mg/L}$ ,二期多级AO控制在  $6000 \text{ mg/L}$ 左右,进水量为设计水量的  $83\%$ 时,虽然进水COD超标严重,但是较高的污泥浓度在足够停留时间下,微生物能够充分降解来水中有有机物。

② 多级AO对COD的处理效果比氧化沟略差,两工艺的处理效率分别为  $93.8\%$ 和  $95.1\%$ 。有机物的去除要求在有氧区有足够的氧气保证微生物的代谢作用,多级AO设计中要求好氧段的硝酸盐进入缺氧段进行充分反硝化,而反硝化过程对DO的控制要求较高,因此减少曝气,保证每个缺氧段末端溶解氧较低,可以减少对反硝化的影响<sup>[3]</sup>。

③ 多级AO对TP的处理效果比氧化沟略优,

处理效率分别为  $94.1\%$ 和  $93.4\%$ 。生物除磷中磷的吸收取决于磷的释放,聚磷菌在厌氧条件下吸收可快速降解有机物转化为聚  $\beta$  羟基丁酸在菌体内贮存,进入好氧区分解,为微生物吸磷提供能量。多级AO前段设计为厌氧+好氧+三级AO,二沉池污泥回流至缺氧段,通过空间分离充分确保了微生物的释磷和吸磷活动各自的反应条件。而一期卡鲁塞尔氧化沟无独立缺氧区,池内采用表曝机,随着水流推动水体DO降低形成了好氧-缺氧段,相对多级AO在无硝态氮、 $\text{DO} < 0.2 \text{ mg/L}$ 的缺氧环境营造上有所欠缺,不利于生物吸磷前的准备。

④ 多级AO对 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的处理效果比氧化沟差,处理效率分别为  $85.2\%$ 和  $97.7\%$ ,但TN的处理效率基本相同,均为  $64.4\%$ 。影响出水氨氮的主要因素为生物池内溶解氧和碱度。一般情况下,生活污水处理中氨氮超标都是因为溶解氧没有控制好而造成的。串联的多级AO为保证缺氧段反硝化的效果,在好氧段的曝气需要严格控制,避免影响紧接的反硝化流程。同样进水水质,多级AO工艺比氧化沟工艺出水 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 高  $4 \text{ mg/L}$ ,但两种出水TN均

值却接近,这表明多级AO工艺比氧化沟工艺出水硝态氮浓度低,反硝化过程彻底,表现了较强的反硝化优势。多级AO工艺通过分段进水方式,保证新鲜污水中的碳源在各段缺氧区充分利用,为了使多级AO系统更加稳定,在最后一级好氧池备用了一组回流泵,以备TN过高情况下进行硝化液回流。

#### 4 结语

在现状 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的氧化沟污水处理系统基础上进行了扩建,核心工艺采用多级AO,出水水质执行一级A标准。工程扩建方案充分考虑节约投资和占地,具有一定的环境和社会效益。对进出水水质对比分析发现, $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN存在一定非线性波动,在固定水质情况下,脱氮效率与流量分配系数关系密切,对流量分配及控制要求较高。

本工程在同一厂内分别采用氧化沟和多级AO工艺,进水条件完全相同,对出水指标进行比较,这可以给其他污水厂工艺比选时提供参考。

#### 参考文献:

- [1] 刘长荣,李红,常建一. 分点进水多级A/O污水处理工艺设计计算探讨[J]. 给水排水,2011,37(1):9-13.
- Liu Changrong, Li Hong, Chang Jianyi. Discussion on step feed multi-grade A/O wastewater treatment process design and calculation[J]. Water & Wastewater Engineering, 2011, 37(1):9-13 (in Chinese).
- [2] 刘胜军,杨学,石凤,等. 多段多级AO除磷脱氮工艺

分析与研究[J]. 给水排水,2012,38(增刊):191-194.

Liu Shengjun, Yang Xue, Shi Feng, et al. Analysis and research of anaerobic-oxic multilevel anoxic-oxic phosphorus and nitrogen removal technology[J]. Water & Wastewater Engineering, 2012, 38(S):191-194 (in Chinese).

- [3] 王舜和,李朦,郭淑琴. 多级AO与多模式AAO工艺在污水厂的应用对比[J]. 中国给水排水,2018,34(10):48-51,57.

Wang Shunhe, Li Meng, Guo Shuqin. Application and comparison between multistage AO and multi-mode AAO in wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(10):48-51, 57 (in Chinese).



作者简介:谢晓旺(1988-),男,安徽安庆人,硕士,工程师,主要从事给排水设计工作。

E-mail:xxw01234@163.com

收稿日期:2020-03-31

节约每一滴水,回收每一滴水,  
让每一滴水多循环一次