

# 污水处理厂扩建工程中 A<sup>2</sup>O 型氧化沟工艺优化设计

王全<sup>1</sup>, 王立<sup>2</sup>, 刘欢<sup>3</sup>, 杨长岭<sup>1</sup>, 张克峰<sup>3</sup>, 宋旭升<sup>1</sup>, 孟付明<sup>1</sup>,  
杨曦凯<sup>1</sup>, 张领国<sup>1</sup>

(1. 济南市市政工程设计研究院<集团>有限责任公司, 山东 济南 250101; 2. 济宁经济开发区  
管理委员会开发建设局, 山东 济宁 272000; 3. 山东建筑大学 市政与环境工程学院, 山东  
济南 250101)

**摘要:** 亳州市南部新区污水处理厂原一期工程规模为  $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 采用预处理/A<sup>2</sup>O 型氧化沟/二沉池/反硝化深床滤池/消毒工艺流程。结合现状及规划, 二期需扩建至  $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。经调研, 一期工艺存在进水中工业废水较多、废水可生化性较差、总磷波动大、出水水质不稳定等问题, 为此, 扩建工程中进行了设计优化: 保持原 A<sup>2</sup>O 型氧化沟主体工艺不变, 增设水解池及碳源投加点, 以提高污水可生化性; 设置多点投加絮凝剂, 并增设除磷池, 强化化学除磷。实际调试运行表明, 扩建工程运行效果稳定、良好, 出水水质优于一级 A 排放标准。

**关键词:** 污水处理厂; 水解池; 除磷池

**中图分类号:** TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)06-0067-05

## Optimization Design of A<sup>2</sup>O Oxidation Ditch Process for Expansion Project of Wastewater Treatment Plant

WANG Quan<sup>1</sup>, WANG Li<sup>2</sup>, LIU Huan<sup>3</sup>, YANG Chang-ling<sup>1</sup>, ZHANG Ke-feng<sup>3</sup>,  
SONG Xu-sheng<sup>1</sup>, MENG Fu-ming<sup>1</sup>, YANG Xi-kai<sup>1</sup>, ZHANG Ling-guo<sup>1</sup>

(1. Jinan Municipal Engineering Design & Research Institute <Group> Co. Ltd., Jinan 250101, China;  
2. Development and Construction Department of Jining Economic Development Zone Management Committee,  
Jining 272000, China; 3. School of Municipal & Environmental Engineering, Shandong Jianzhu University,  
Jinan 250101, China)

**Abstract:** The original first phase project of the wastewater treatment plant in the southern part of Bozhou City was  $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , which adopted combination process of pretreatment/A<sup>2</sup>O type oxidation ditch/secondary sedimentation tank/denitrification deep bed filter/disinfection tank. Combined with the current situation and plan, the second phase project needs to be expanded to  $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ . After investigation, the first phase process had problems including high percentage of industrial wastewater in the influent, poor biodegradability of raw water, large fluctuations of total phosphorus, and unstable effluent quality. In view of the above problems in the first phase, the design optimization was carried out in this expansion project: the original A<sup>2</sup>O oxidation ditch was still kept as the main process, hydrolysis tank and carbon source dosing point were added to improve the biodegradability of wastewater; the multi-point dosing flocculant was set up, the dephosphorization tank was applied to strengthen chemical phosphorus removal, etc. After the project was commissioned and operated, the effluent quality was better than the first class A standard.

**Key words:** wastewater treatment plant; hydrolysis tank; dephosphorization tank

亳州市南部新区污水处理厂建设工程规划建设总规模为  $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 分两期实施, 一期规模为  $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 采用  $\text{A}^2\text{O}$  型氧化沟/反硝化深床滤池处理工艺, 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 A 标准。

由于污水厂已超负荷运行、进水水质与原设计偏差较大、出水水质不稳定、运行管理不便等原因, 需实施二期工程, 对现状污水处理厂进行改扩建, 工程建设规模为  $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

## 1 污水处理厂一期工程概况

### 1.1 一期设计污水量、水质及排放要求

工程设计处理规模为  $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 于 2012 年建成, 目前实际进水量约  $3.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 污水处理厂服务范围内工业废水量与生活污水量比值约为 3:2。

原设计排放标准为一级 A 标准, 进、出水水质见表 1。

表 1 污水处理厂原设计进、出水水质

Tab. 1 Original design influent and effluent quality of WWTP

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP
进水	490	210	320	30	40	4.0
出水	50	10	10	5(8)	15	0.5

### 1.2 原设计工艺流程及参数

原工程设计采用物化预处理/ $\text{A}^2\text{O}$  型氧化沟工艺, 一期包括: 粗格栅、细格栅、消毒池的土建、设备

表 2 一期工程实际进、出水水质

Tab. 2 Actual influent and effluent quality of first phase project

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项 目	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP
进水水质范围	52.5 ~ 134.5	25 ~ 100	29.3 ~ 80.4	1.25 ~ 16.85	10 ~ 40	0.86 ~ 12.09
进水平均值	81.23	50	58.2	5.91	15	3.96
出水水质范围	16.7 ~ 24.8	5 ~ 9.5	3.5 ~ 6.1	0.11 ~ 1.53	8 ~ 14	0.21 ~ 0.50
出水平均值	22.45	8	4.51	0.48	12	0.45

### 1.4 存在的问题及原因分析

#### ① 现有处理能力不足

2015 年 2、3 月污水厂进水量已超  $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 现状污水处理厂超负荷运行, 随着南部新区污水处理厂配套管网扩建工程逐步实施, 现有处理能力不能满足要求。

#### ② 进水水质与原设计值偏差较大

均按  $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  建设; 进水泵房、沉砂池、污泥脱水机房及加药间土建工程按  $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  实施, 设备按  $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  配置; 综合楼按远期  $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  总规模设计。 $\text{A}^2\text{O}$  生化池、深床滤池、二沉池等土建、设备均按照近期  $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  规模实施。

一期污水处理工艺流程见图 1。

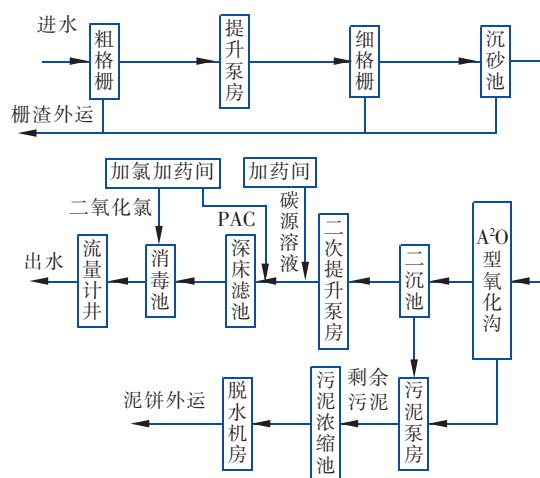


图 1 一期污水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process of first phase project

### 1.3 工程实际运行情况

2015 年 5 月—2016 年 3 月运行数据见表 2, 可见, 该厂存在进水水质与原设计值偏差较大、总磷波动大等问题。

从现状亳州市污水厂的运行情况来看, 进水 COD、氨氮、SS、TN 偏低, 总磷偏高, 实测 TN 约 15  $\text{mg}/\text{L}$ , 这些指标比原设计偏低, 主要原因为现状污水管网不完善, 污水收集率有限。同时该进水水质明显碳源不足。

对此市委、市政府也高度重视, 配套管网扩建工程正在逐步实施中, 管网收水量将逐年提高, 水质将

逐步趋向于设计水质。

#### ③ 污水厂工艺运行过程中总磷波动大

污水处理厂实际进水TP波动较大(0.8~12 mg/L),一期工程未设计氧化沟前后除磷药剂投加点,因此二期工程应考虑增设液态除磷药剂(铁盐)投加装置,一、二期共用,设置氧化沟前后端两处加药点。

#### ④ 一期设计不足

##### a. 工业污水较多,需增加大分子降解处理设施

经过调查,水厂服务范围内企业以中药材加工为主,另有少量的食品加工、酿酒和纺织企业等轻工业,根据亳州环保局提供的各企业环境影响评价报告,中药材加工企业主要分为两类:一类是以饮片为主的冲洗、切削加工企业,另一类是以提取制药为主的企业,该类企业主要产生的污染物为药材中煎出的各种成分,其中含有糖类、木质素、纤维素、蛋白质、生物碱、鞣质、色素等,还含有悬浮性颗粒如中药渣等,但是都需要满足《中药类制药工业水污染物排放标准》(GB 21906—2008)一级标准后排放,其水质指标为:  $BOD_5 \leq 20$  mg/L,  $COD \leq 100$  mg/L,  $SS \leq 50$  mg/L,  $NH_4^+ - N \leq 8$  mg/L, 色度  $\leq 50$  倍, pH 为 6~9。

显然,中药企业排放废水水质情况良好,但是可能含有纤维素等大分子,同时为了增加生化处理段脱氮除磷碳源,需要考虑将大分子降解为小分子的措施。

##### b. 污泥出泥效率低,脱水时间长

现污水厂采用叠螺式脱水机直接脱水、出泥效率低。经过分析,该厂区服务范围内大部分为工业用水,污泥含水率高,需要考虑进一步浓缩脱水。同时结合亳州市污水处理厂污泥脱水经验,更换叠螺式脱水机为带式脱水机。

##### c. 污水厂出口明渠化

现状污水出口设置电磁流量计计量,不符合国家相关技术要求,应根据相关要求设置污水排放口明渠段。

#### ⑤ 二氧化氯消毒的危险性

现状采用二氧化氯消毒,制备方式为氯酸钠和浓盐酸混合反应,实际运行中发现二氧化氯制备输送有时存在爆管等现象,危险性较大。

#### ⑥ 需提高中水利用率

因现厂区部分采用中水进行绿化,且污水厂出

水满足中水相应水质标准,结合运营单位意见,应提高中水利用率,脱水机房脱水机冲洗及绿化全部使用中水。

## 2 扩建设计优化及主要参数

### 2.1 设计水量及进、出水水质

污水厂扩建规模为  $2.5 \times 10^4$  m<sup>3</sup>/d。设计进、出水水质与一期相同,具体见表1。

### 2.2 扩建设计主要优化措施

根据一期工程实际运行情况,确定扩建工程保持原A<sup>2</sup>O型氧化沟主体工艺不变,但需采取一系列优化措施。

#### ① 增设水解池及碳源投加点

针对进水中工业废水较多及碳源低的特点,增设水解池<sup>[1-2]</sup>,同时在氧化沟缺氧区及深床滤池前微絮凝池预留碳源投加点。

#### ② 增设聚铁应急投加点及除磷池

针对总磷偏高特点,在氧化沟前配水井增设聚铁应急投加点,同时为避免磷在污水处理系统中的循环,强化化学除磷,设置除磷池,收集污泥浓缩池上清液、深床滤池反冲洗水。

#### ③ 新建巴氏计量槽

污水厂出口新建巴氏计量槽,使出水明渠化,出水计量渠处设置活动栏杆,平时上锁,便于取样。

#### ④ 加强厂区中水利用

更换现状消毒池末端中水小泵为大泵,全厂敷设环状中水管网,满足厂区绿化洒水及脱水机房冲洗用水量、水压要求,节约自来水。

#### ⑤ 优化污泥浓缩脱水方案

针对叠螺式脱水机出泥效率低,确定采用污泥浓缩池+带式脱水机处理方案。

#### ⑥ 新增次氯酸钠消毒设施

保留一期二氧化氯消毒设施,新增次氯酸钠溶液消毒设施。除满足余氯要求外,使用次氯酸钠消毒还能够达到较好的脱色效果。

#### ⑦ 污泥泵房及污泥浓缩池采用离子除臭设计

污泥泵房及污泥浓缩池采用离子除臭设计,减少有害气体排放。

#### ⑧ 尽量减少施工对现有厂区运行的影响

设计管线综合集中布置于两条现状道路上,尽可能减少施工对现有运行设施的影响。

### 2.3 工艺流程

扩建工程工艺流程见图2。

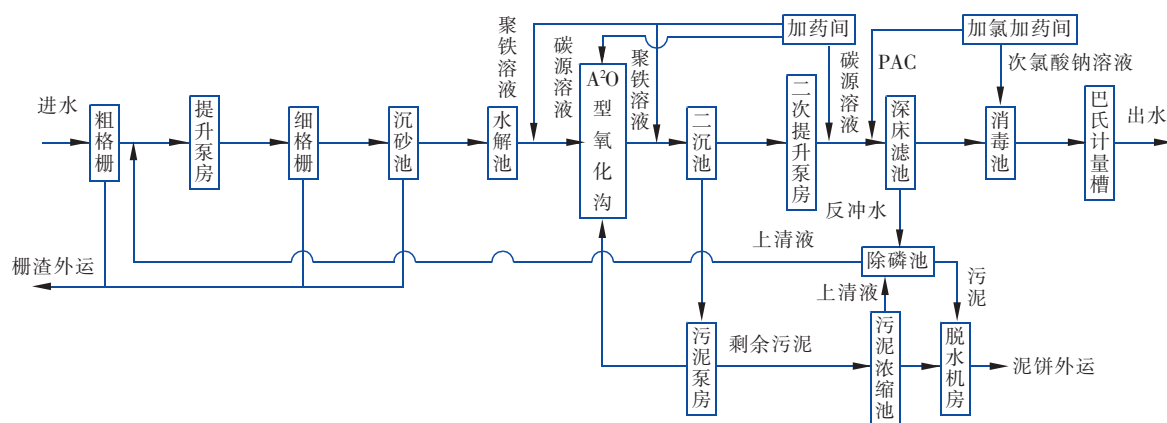


图2 扩建工程工艺流程

Fig. 2 Flow chart of extension project

生化过程中产生的剩余污泥及水解池污泥先送至污泥浓缩池,混合污泥和除磷池污泥一起再送污泥脱水间,经机械脱水后形成含水率约80%的泥饼,装车外运。其中,浓缩池上清液和深床滤池反冲洗水进入除磷池处理。

## 2.4 主要扩建内容及设计参数

① 水解池。1座4格,单格尺寸为 $56.5\text{ m} \times 9.35\text{ m} \times 5.8\text{ m}$ ,水力停留时间为3.6 h。

②  $A^2O$ 型氧化沟。2座,尺寸为 $87.3\text{ m} \times 32.8\text{ m} \times 5.1\text{ m}$ ,总停留时间为21.5 h,其中,厌氧区 $HRT=1.5\text{ h}$ ,缺氧区 $HRT=4\text{ h}$ ,好氧区 $HRT=16\text{ h}$ 。

主要设计参数:混合液浓度为 $4\,000\text{ mg/L}$ ,污泥负荷为 $0.06\text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ ,泥龄为18 d,产泥率为 $0.9\text{ kgDS/kgBOD}_5$ ,污泥回流比为100%,混合液内回流比为200%~300%。

③ 二沉池及配水井。二沉池2座,采用中进周出辐流式,直径为37 m,表面负荷为 $0.68\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,沉淀时间为3.5 h。二沉池配水井直径为4.9 m。

④ 深床滤池。1座4格,单格尺寸为 $2.9\text{ m} \times 13.7\text{ m} \times 3.9\text{ m}$ ,设计滤速为 $6.4\text{ m/h}$ ,水冲强度为 $15\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,气冲强度为 $90\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,反冲洗周期为16~24 h。

⑤ 巴氏计量槽。1座,尺寸为 $11.5\text{ m} \times 2.0\text{ m} \times 3.25\text{ m}$ 。

⑥ 污泥浓缩池。1座, $\varnothing 12\text{ m}$ , $H=6.0\text{ m}$ ,接收来自二沉池、水解池的污泥,浓缩池进水量为 $750\text{ m}^3/\text{d}$ ,进泥含水率为99.2%,浓缩后污泥含水率为97%。污泥浓缩池采用离子除臭方法。

⑦ 除磷池。1座,接收来自污泥浓缩池的上清液、深床滤池的反冲洗水,经计算,深床滤池反冲洗水量为 $2\,520\text{ m}^3/\text{d}$ ,浓缩池上清液约 $325\text{ m}^3/\text{d}$ ,总量约 $2\,845\text{ m}^3/\text{d}$ ,本次设计按照 $3\,000\text{ m}^3/\text{d}$ 考虑,增加化学除磷沉淀设备一套。

⑧ 加药间。1座,尺寸为 $21\text{ m} \times 9.0\text{ m} \times 5.1\text{ m}$ ,设置铁盐溶液投加系统(一、二期共用)1套,储罐容积为 $20\text{ m}^3$ ,用于氧化沟前(厌氧池出水处)和氧化沟后加铁盐强化除磷;设置碳源投加系统(液体醋酸钠)1套,储罐容积为 $20\text{ m}^3$ ,用于氧化沟缺氧区及深床滤池投加碳源。

⑨ 一期构筑物改造。a. 原进水泵房改造。新增潜水排污泵2台, $Q=730\text{ m}^3/\text{h}$ , $H=130\text{ kPa}$ , $N=37\text{ kW}$ ,共5台(4用1备)。b. 原二次提升泵房改造。新增潜水排污泵2台, $Q=730\text{ m}^3/\text{h}$ , $H=60\text{ kPa}$ , $N=22\text{ kW}$ 。c. 消毒池改造。将原有消毒池内中水小泵更换为大泵,用于脱水机房滤布冲洗和厂区冲洗道路、绿化。d. 加氯加药间改造。加氯加药间1座,有效面积为 $256\text{ m}^2$ ,在原有二氧化氯投加系统、PAC投加系统的基础上新增PAC絮凝剂投加装置1套,新增次氯酸钠投加系统一套,储罐容积为 $20\text{ m}^3$ 。e. 污泥脱水机房改造。在原脱水机房新增带宽为1.5 m的带式脱水机两台。

## 3 运行效果及经济分析

### 3.1 运行效果

本工程于2017年2月开工,2018年5月开始试运行,2018年6月—7月的实际进、出水水质如表3所示。由表3中的数据可见,出水水质全部达到一级A标准。



表 3 污水处理厂 2018 年 6 月—7 月运行结果  
Tab.3 Operation results of WWTP from June to July 2018

项目	COD/ (mg· L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> / (mg· L <sup>-1</sup> )	动植 物油/ (mg· L <sup>-1</sup> )	NH <sub>3</sub> -N/ (mg· L <sup>-1</sup> )	SS/ (mg· L <sup>-1</sup> )	石油 类/ (mg· L <sup>-1</sup> )	TP/ (mg· L <sup>-1</sup> )	TN/ (mg· L <sup>-1</sup> )	色度/ 倍	Cr/ (mg· L <sup>-1</sup> )	Cd/ (mg· L <sup>-1</sup> )	As/ (mg· L <sup>-1</sup> )	Pb/ (mg· L <sup>-1</sup> )	Hg/ (mg· L <sup>-1</sup> )	阴离子 表面活性剂/ (mg· L <sup>-1</sup> )	粪大肠 菌群/ (MPN· L <sup>-1</sup> )
进水	185	63.7	0.6	20	27	1	1.02	24.6	12	ND	ND	0.004 0	0.004	0.000 17	0.19	≥2.2× 10 <sup>5</sup>
出水	37	8.9	0.1	0.2	5	0.1	0.14	8.5	3	ND	ND	0.000 6	ND	0.000 18	0.05	164
一级 A 标准	50	10.0	1.0	5(8)	10	1	0.50	15.0	30	0.1	0.01	0.100 0	0.1	0.001 00	0.5	1 000

3.2 经济分析

本工程总投资为 6 026.39 万元。其中,第一部分工程费用为 5 222.66 万元,第二部分工程建设其他费用为 494.96 万元,预备费为 285.88 万元,铺底流动资金为 22.89 万元。

3.3 运行费用

运行费用包括电费、药剂费、污泥及栅渣处置费、人工费、大修及维护费等。经核算,污水处理总成本约 0.991 元/m<sup>3</sup>。

4 结语

① 针对进水总磷较高且出水水质不能稳定达标的污水厂,在生物除磷的基础上,宜考虑设置絮凝剂多点应急投加点,并增设除磷池,强化化学除磷,避免磷在污水处理系统中形成死循环。

② 污水处理厂出水口宜采用巴氏计量槽,实现出水明渠化。

③ 采用预处理+水解池+A<sup>2</sup>O 型氧化沟+二沉池+二次提升泵房+反硝化深床滤池+消毒池工艺对城镇污水处理厂进行改扩建,出水水质能够达到一级 A 排放标准。

④ 采用污泥浓缩+带式浓缩污泥处理工艺,能够保证出泥含水率 80%。

参考文献:

[1] 李亚峰,乔波. 工业发达小城镇的污水处理工程实例

[J]. 中国给水排水,2013,29(22):106-109.  
Li Yafeng, Qiao Bo. Wastewater treatment engineering example of small industrial developed town[J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(22): 106-109 (in Chinese).  
[2] 王强,肖帅,宋伟. 水解酸化工艺处理城市污水的效果[J]. 中国给水排水,2011,27(18):87-89.  
Wang Qiang, Xiao Shuai, Song Wei. Efficiency of hydrolysis acidification process for treatment of municipal sewage[J]. China Water & Wastewater, 2011, 27(18): 87-89 (in Chinese).



作者简介:王全(1986-),男,山东济宁人,硕士,工程师,从事给水排水工程设计研究工作。  
E-mail:420292820@qq.com  
收稿日期:2018-09-14