

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.18.011

# 以工业废水为主的污水厂准Ⅳ类水质提标扩建工程设计

许晓明<sup>1</sup>, 刘宇心<sup>1</sup>, 闫萍<sup>1</sup>, 王发珍<sup>1</sup>, 张晖<sup>2</sup>

(1. 北控水务集团有限公司 技术中心, 北京 100102; 2. 上海市市政工程设计研究总院 <集团> 有限公司, 上海 200092)

**摘要:** 浙江某污水厂提标及扩建工程总规模为  $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 其中提标  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 扩建  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。污水厂原采用厌氧水解+MSBR+絮凝沉淀池+V型滤池处理工艺, 出水执行一级A排放标准, 提标及扩建工程要求出水水质达到浙江省地方标准《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB 33/2169—2018) 中现有污水厂标准。针对进水中工业废水占比为60%、污染物浓度波动大、含难降解有机物等特点, 扩建工程采用调节池+水解酸化池+二级A/O生化池+芬顿+高效沉淀池+V型滤池工艺。提标工程将原MSBR池改造为A/A/O池, 并增加了芬顿深度处理工艺, 改造了絮凝沉淀池, 实际运行效果良好, 出水水质完全达到设计目标, 直接运行成本为1.42元/ $\text{m}^3$ 。

**关键词:** 印染废水; 提标改造; 二级A/O工艺; 芬顿; 深度处理

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)18-0060-06

## A Design Case of Upgrading and Expansion Project to Meet the Quasi-Ⅳ Class Standard in a WWTP with Industrial Wastewater as Its Major Influent

XU Xiao-ming<sup>1</sup>, LIU Yu-xin<sup>1</sup>, YAN Ping<sup>1</sup>, WANG Fa-zhen<sup>1</sup>, ZHANG Hui<sup>2</sup>

(1. Technology Center, Beijing Enterprises Water Group Limited, Beijing 100102, China; 2. Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

**Abstract:** The total scale of upgrading and expansion project in a wastewater plant in Zhejiang is  $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , including upgrading project of  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  and expansion project of  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ . The wastewater treatment plant originally adopted anaerobic hydrolysis + MSBR + flocculation sedimentation tank + V-type filter treatment process, the effluent carries out the first class A discharge standard. The upgrading and expansion project requires the effluent quality to meet the existing wastewater treatment plant standard in Zhejiang Province local standard *Discharge Standard of Major Water Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (DB 33/2169 - 2018). According to the characteristics of 60% industrial wastewater in influent, large fluctuation of pollutant concentration and refractory organic matter, the process of regulating tank + hydrolysis acidification tank + two-stage A/O + Fenton + high efficiency sedimentation tank + V-type filter was adopted in the expansion project. The Fenton process was added, and MSBR was transformed into A/A/O tank, flocculation sedimentation tank was reformed in upgrading project. The actual operation effect was good, and the effluent quality reached the design goal completely, and the direct operating cost was 1.42 yuan/ $\text{m}^3$ .

**Key words:** printing and dyeing wastewater; upgrading and reconstruction project; two-stage A/O process; Fenton; advanced treatment

## 1 工程概况

浙江某污水厂始建于2004年,经多次改造,现状规模为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,主要处理该镇生活污水及镇工业园区废水。污水采用厌氧水解+MSBR+絮凝沉淀池+V型滤池处理工艺,出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中一级A标准,污泥采用重力浓缩+带式脱水机工艺处理,设计出泥含水率 $\leq 80\%$ 。

污水厂进水中生活污水占比约为40%,工业废水占比60%,工业园内企业以印染企业为主,还有食品加工、金属制造企业等,其中印染废水量约占工业废水总量的75%。2018年最大日进水量约为 $2.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,污水管网仍在建设中,污水量还将进一步增长<sup>[1]</sup>。根据项目可行性研究报告,本项目提标规模为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,同时还需再扩建 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的污水处理设施。提标及扩建工程出水执行浙江省地方标准《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB 33/2169—2018)中现有污水厂标准。

## 2 提标及扩建工程方案

### 2.1 进、出水水质分析

该污水厂原设计进、出水水质及实际进、出水水质见表1。此污水厂95%概率进水水质与平均进水水质差别较大,表明该厂进水受工业企业排污影响较大,与以生活污水为主的市政污水厂有明显差别。进水COD偶尔超标,而且工业废水在企业排污前经过生化预处理,其中有机物多为溶解性难降解有机物,出水COD经常不达标也证实了这一点。另外,进水总磷浓度也较高。

表1 污水厂原设计及实际进、出水水质

Tab.1 Original design and actual influent and effluent quality of the WWTP  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

| 项 目       | COD   | BOD <sub>5</sub> | SS    | NH <sub>3</sub> -N | TN    | TP   |
|-----------|-------|------------------|-------|--------------------|-------|------|
| 原设计进水     | 500   | 220              | 200   | 35                 | —     | 3    |
| 原设计出水     | 50    | 10               | 10    | 5(8)               | 15    | 0.5  |
| 实际95%概率进水 | 661.5 | 226.2            | 303.6 | 27.1               | 39.4  | 7.8  |
| 实际平均进水    | 390.1 | 140.4            | 174.3 | 18.6               | 23.2  | 3.8  |
| 实际95%概率出水 | 63.86 | 9.6              | 10    | 1.7                | 14.91 | 4.8  |
| 实际平均出水    | 47.43 | 6                | 6.6   | 0.8                | 9.2   | 0.35 |

本工程设计进水水质以实际进水95%概率水质指标为基准,同时适当留有余量<sup>[2]</sup>。进水COD按照《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962—2015)取500 mg/L。出水水质执行浙江省地方标准《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB 33/

2169—2018)中现有污水厂标准,具体指标见表2。

表2 提标及扩建工程设计进、出水水质

Tab.2 Design influent and effluent quality of upgrading and expansion project  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

| 项 目  | COD | BOD <sub>5</sub> | SS  | NH <sub>3</sub> -N | TN     | TP  |
|------|-----|------------------|-----|--------------------|--------|-----|
| 设计进水 | 500 | 240              | 300 | 35                 | 45     | 6.5 |
| 设计出水 | 40  | 10               | 10  | 2(4)               | 12(15) | 0.3 |

由于本项目进水含有难降解有机物,且出水标准较高,COD的去除是本项目的难点;出水总氮要求较高,需要加强对总氮的去除;进水总磷高,需要强化生物除磷,减少除磷药剂的投加。

### 2.2 改造思路及技术方案

污水厂进水中大部分为工业废水,且以印染废水为主,现有水解酸化池+MSBR+絮凝沉淀池+V型滤池处理工艺缺乏针对性。本次针对进水特点,结合此污水厂现有处理效果,同时参照已有项目的经验,有针对性地选择处理工艺。

#### ① 预处理单元

现有粗格栅及进水泵房、细格栅及旋流沉砂池等常规预处理设施,对进水中工业废水占比较高、水质水量波动大等特点缺乏针对性。本期工程增加调节池,可以均匀水质、水量,稳定生化段的运行。由于生化段有水解沉淀池,预处理段不再设置初沉池。

现有旋流沉砂池已完全堵塞,设备锈蚀严重,处于长期停用状态。污水中的砂进入后续构筑物,会对设备造成磨损。因此,本工程选择除砂效果好、便于运行的曝气沉砂池作为除砂工艺。

#### ② 生化处理单元

为了提高污水的可生化性,去除进水中的难降解有机物,本工程选用了水解酸化-好氧生物处理工艺。水解酸化池可以分为加填料的生物膜法和活性污泥法<sup>[3]</sup>。由于安装填料的水解酸化池在长期使用后填料容易结团、损坏,升流式水解酸化池布水孔易堵塞、污泥排放不畅等,本次选用完全混合型式水解酸化池+水解沉淀池。

本项目需要强化对总氮的去除。由于反硝化滤池需要投加碳源,运行费用高、出水COD易超标、控制复杂、造价也偏高,通常情况应在生化池完成脱氮步骤。由于出水总氮要求较高,扩建工程选择二级A/O作为主生化工艺,加强对总氮的去除。另外一期MSBR池区底部沉积了大量的污泥,部分污泥厌氧上浮与出水一起流出MSBR池,导致出水恶化。

由于厂区内缺乏空地,本次将 MSBR 池内隔出部分区域作为沉淀池,调整功能分区并增加硝化液回流设施,将现有 MSBR 改造为 A/A/O + 二沉池单元。

### ③ 深度处理单元

改造前 MSBR 池出水溶解性 COD 长期维持在 60 mg/L 左右,为使 COD 稳定达标,必须采用高级氧化工艺。中试发现,在进水溶解性 COD 为 64 mg/L 时,采用天津万峰的臭氧催化中试装置,投加臭氧 40 mg/L,反应时间 1 h 时,出水 COD 为 33.9 mg/L。在进水溶解性 COD 为 60.7 mg/L,采用台湾万年青公司提供的芬顿流化床中试装置,投加硫酸亚铁 197 mg/L,投加双氧水 64 mg/L 的条件下,出水 COD 可以达到 22.6 mg/L。

经过进一步技术经济对比发现:臭氧对有机物的氧化有选择性<sup>[4]</sup>且氧化效果有限,若生化池出水恶化,臭氧氧化无法保证 COD 稳定达标,运行费用还将随 COD 的上升而急剧上升;活性焦工艺对有机物的去除主要靠吸附,效果良好,但当进水污染物浓度偏低时,污水不经高级氧化,出水也可达标,而活性焦工艺一旦停运,活性焦容易板结,影响后续运

行,不适用于此项目;芬顿工艺通过氧化与絮凝沉淀去除污水中的有机物,对印染废水处理效果好<sup>[5]</sup>。因此,本次扩建工程采用芬顿流化床作为高级氧化工艺。

深度处理还需要进一步处理废水中的悬浮物和总磷,本次扩建采用了高效沉淀池 + V 型滤池工艺。同时一期絮凝沉淀池需要进行改造,使其能够满足芬顿沉淀段的需求。芬顿、高效沉淀池、V 型滤池均设置超越管,方便灵活运行。

### ④ 总平面及高程布置

由于厂区用地紧张,本工程拆除原有的粗格栅及进水泵房、细格栅及旋流沉砂池,并新建规模为  $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  的预处理设施。平面布置方面,污水从西南角进入厂区,排放口位于厂区东北侧,新建构筑物沿工艺流程在厂区内由西南至东北依次布置。高程方面,全厂设有两级提升,分别是进水泵房与生化池后的二级泵房。

## 3 扩建及提标工艺流程

### 3.1 二期扩建工程工艺设计

二期扩建工程工艺流程如图 1 所示。

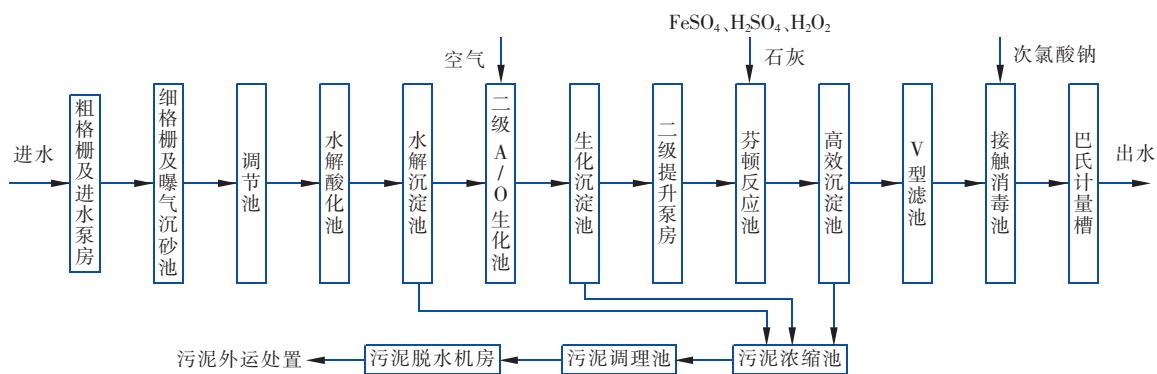


图 1 扩建工程工艺流程

Fig. 1 Process flow chart of expansion project

由于本工程占地紧张,调节池、水解酸化池、水解沉淀池、二级 A/O 池、生化沉淀池合建;中间提升泵房与芬顿、高效沉淀池合建;V 型滤池、消毒池与加氯加药间合建。

### ① 粗格栅及进水泵房

本工程拆除原有粗格栅及进水泵房,并新建 1 座规模为  $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  的构筑物,尺寸为  $11.2 \text{ m} \times 9.24 \text{ m} \times 9.22 \text{ m}$ ,采用沉井施工。进水泵为潜水离心泵 4 台(3 用 1 备), $Q = 789 \text{ m}^3/\text{h}$ , $H = 145 \text{ kPa}$ , $N = 45 \text{ kW}$ 。

### ② 细格栅及曝气沉砂池

拆除原有细格栅及旋流沉砂池,并新建 1 座细格栅及曝气沉砂池,规模  $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,沉砂池的停留时间为 8 min。

### ③ 调节池

建设调节池 1 座,规模为  $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,分 2 组,水力停留时间为 12 h,构筑物尺寸为  $52.5 \text{ m} \times 24 \text{ m} \times 8.5 \text{ m}$ 。调节池设有推流器,池内污水完全混合调节水质,出水重力自流进入水解酸化池,以节省能耗,也可以通过水泵提升进入水解酸化池以调节

水量。

#### ④ 水解酸化池

建设规模为  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 水力停留时间为 24 h, 容积负荷为  $0.5 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ , 构筑物尺寸为  $52.5 \text{ m} \times 24 \text{ m} \times 8.5 \text{ m}$ 。水解酸化池采用完全混合式, 设计污泥浓度为  $6 \sim 8 \text{ g/L}$ , 回流污泥来自水解沉淀池, 污泥回流比为  $33\% \sim 100\%$ 。

#### ⑤ 水解沉淀池

按照  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  建设矩形沉淀池 1 座, 分 3 格, 峰值表面负荷为  $0.97 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , 有效水深为 4.5 m。安装非金属链板式刮泥机 3 台,  $N = 7.5 \text{ kW}$ 。

#### ⑥ 二级 A/O 生化池

按照  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  规模设计生化池 1 座 2 组, 有效水深为 8 m, 构筑物尺寸为  $36.5 \text{ m} \times 69.5 \text{ m} \times 8.8 \text{ m}$ 。生化池总水力停留时间为 24 h, 其中厌氧池 1 h、缺氧池 6 h、好氧池 14 h、二段缺氧 2 h、末端好氧 1 h。第二段缺氧区可以利用自身碳源进行反硝化, 提高脱氮效率, 也可以减少内回流液中的溶解氧; 生化池总污泥负荷为  $0.06 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ , 混合液回流比为 300%, 污泥回流比为 100%, 污泥浓度为  $4 \text{ g/L}$ , 总污泥龄为 22.3 d。缺氧、厌氧区共安装搅拌机 14 台,  $N = 5.5 \text{ kW}$ ; 潜水轴流泵 4 台 (3 用 1 备),  $Q = 833 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 10 \text{ kPa}$ ,  $N = 7.5 \text{ kW}$ ; 盘式微孔曝气器,  $3 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{个})$ , 2 000 个。

#### ⑦ 生化沉淀池

新建矩形沉淀池 1 座, 规模为  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 分 3 格, 峰值表面负荷为  $1.29 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , 有效水深为 4.5 m, 构筑物尺寸为  $36.5 \text{ m} \times 25 \text{ m} \times 4.0 \text{ m}$ 。安装非金属链板式刮泥机 3 台,  $N = 7.5 \text{ kW}$ 。

#### ⑧ 中间提升泵房

建设规模为  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 配有潜污泵 3 台 (2 用 1 备),  $Q = 416 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 150 \text{ kPa}$ ,  $N = 30 \text{ kW}$ 。

#### ⑨ 芬顿池

为了降解污水中的难降解有机物, 本工程新建芬顿池 1 座, 规模为  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。主要包括反应塔 2 座,  $\varnothing \times H = 3.85 \text{ m} \times 12.9 \text{ m}$ , 停留时间为 20.9 min; 加药间 1 座, 含有双氧水投加系统, 设计投加量为  $310 \text{ mg/L}$  (有效含量 27.5%); 氢氧化钙粉剂投加系统, 设计投加量为  $120 \text{ mg/L}$  (有效含量 90%); 硫酸亚铁投加系统, 设计投加量为  $171 \text{ mg/L}$  (有效含量 90%); 酸液投加系统, 设计投加量为  $700 \text{ mg/L}$

(有效含量 20%); 中和池 2 座, 有效容积为  $80 \text{ m}^3 \times 2$ , 总停留时间为 11.5 min; 脱气池 2 座, 有效容积为  $80 \text{ m}^3 \times 2$ , 总停留时间为 11.5 min。附属设备有 Fenton 内回流泵 8 台 (4 用 4 备),  $Q = 300 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 180 \text{ kPa}$ ,  $N = 22.0 \text{ kW}$ 。

在管道内加入硫酸、双氧水和硫酸亚铁, 混合均匀后从底部进入反应塔。反应塔内的 pH 值控制在 3.3 ~ 3.8, 经芬顿反应后的污水从上部流出反应塔, 进入后续中和池。部分出水回流与进水混合后, 再次进入反应塔内, 维持反应塔内的上升流速。反应塔内部存在着铁氧化物结晶 ( $\text{FeOOH}$ ), 它与  $\text{Fe}^{2+}$  都可以催化芬顿反应。污水在中和池中与加入的氢氧化钙反应, 控制中和池出水为中性。在最后的脱气池内, 污水脱除溶解在水中气体, 利于后续沉淀工艺。

#### ⑩ 高效沉淀池

新建高效沉淀池 1 座 2 组, 总规模为  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。每组高效沉淀池设混合池 1 座, HRT 为 1.8 min; 絮凝沉淀池 1 座, HRT 为 14.5 min; 沉淀池 1 座, 平面尺寸为  $10 \text{ m} \times 8.5 \text{ m}$ , 表面负荷为  $5.6 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , 上部安装不锈钢出水斜板, 下部安装中心传动刮泥机 1 台,  $N = 0.55 \text{ kW}$ ; 同时每组配置污泥循环泵 1 台, 剩余污泥泵 1 台。

#### ⑪ V 型滤池

规模为  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 平面尺寸为  $21.8 \text{ m} \times 19.79 \text{ m}$ , 分 4 格, 设计滤速为  $7.8 \text{ m/h}$ , 强制流速为  $10.4 \text{ m/h}$ 。滤池采用 1 mm 的石英砂作为滤料, 厚 1.5 m。反冲洗采用气冲、气水联合反冲、水冲, 并结合表面反洗, 总时长 12 min, 反洗周期 24 h。气洗强度为  $17 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ , 时长 3 min; 气水同时反洗时长 4 min, 气洗强度为  $17 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ , 水洗强度为  $3 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ ; 水洗强度为  $6 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ , 时长 5 min; 表面扫洗强度为  $6 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ 。

滤池设备间与滤池紧邻而建, 平面尺寸为  $16.65 \text{ m} \times 19.79 \text{ m}$ ; 安装罗茨鼓风机 3 台 (2 用 1 备),  $Q = 20.1 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $H = 0.08 \text{ MPa}$ ,  $N = 30 \text{ kW}$ ; 卧式离心泵 3 台 (2 用 1 备),  $Q = 354 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 70 \text{ kPa}$ ,  $P = 11 \text{ kW}$ 。

#### ⑫ 消毒池与加氯加药间

消毒池规模为  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 尺寸为  $21.25 \text{ m} \times 9.7 \text{ m} \times 5.5 \text{ m}$ , 有效水深为 5 m, 峰值 HRT 为 30 min。



加氯加药间建于加氯接触池上方,设有次氯酸钠储存及加药系统1套,加氯量为10 mg/L;PAC 储存及加药系统1套,设计加药量为30 mg/L;PAM 制备溶药装置1套,设计加药量为2 mg/L。

### ⑬ 污泥浓缩池

新建污泥浓缩池1座,直径为15 m,有效水深为4.5 m,安装中心传动浓缩机1台, $N=3$  kW。

### ⑭ 污泥脱水机房

新建污泥脱水机房1座,规模为 $4 \times 10^4$  m<sup>3</sup>/d。浓缩后的污泥在污泥调理池经加药调理后,进入隔膜压滤机压榨脱水至含水率 $<60\%$ ,由螺旋输送机输送至污泥料仓,外运并进行最终处置。

调理池共1座3格,单格尺寸为5 m $\times$ 5 m,有效水深为4 m,每格设置框式搅拌器1台, $N=22$  kW。污泥脱水机房尺寸为30 m $\times$ 15 m $\times$ 14.5 m,局部二层用于安装2台隔膜压滤机,过滤面积为450 m<sup>2</sup>,隔膜压榨压力 $\leq 1.2$  MPa, $N=23.75$  kW;一层安装压榨系统1套,含压榨水箱1个, $V=5$  m<sup>3</sup>,压榨水泵2台(1用1备), $Q=0 \sim 12$  m<sup>3</sup>/h, $H=2.1$  MPa, $N=15$  kW;冲洗系统1套,含冲洗水箱1个, $V=10$  m<sup>3</sup>,冲洗水泵2台(1用1备), $Q=0 \sim 20$

m<sup>3</sup>/h, $H=4$  MPa, $N=18.5$  kW;铁盐投加系统1套,含铁盐储罐1套, $V=20$  m<sup>3</sup>,铁盐投加泵2台(1用1备), $Q=0 \sim 1500$  L/h, $H=300$  kPa, $N=0.75$  kW;脱水机房内部有泵坑1个,用于安装进料泵,包括低压螺杆泵2台, $Q=0 \sim 30$  m<sup>3</sup>/h, $H=1.8$  MPa, $N=30$  kW,高压螺杆泵2台, $Q=30 \sim 125$  m<sup>3</sup>/h, $H=0.8$  MPa, $N=37$  kW。附属设备还有石灰投加系统,含石灰储罐1个,有效容积为20 m<sup>3</sup>, $N=3.0$  kW,螺旋输送机1台。

### ⑮ 鼓风机房

建设规模为 $2 \times 10^4$  m<sup>3</sup>/d,尺寸为9 m $\times$ 7.24 m $\times$ 6.3 m;安装悬浮鼓风机2台, $Q=58$  m<sup>3</sup>/min, $H=88.2$  kPa, $N=100$  kW,互为备用。

### ⑯ 除臭系统

选用生物除臭装置2套,1套用于收集处理预处理构筑物及水解酸化、水解沉淀、二级A/O生化池厌氧区的气体,处理量为8 000 m<sup>3</sup>/h;另1套用于收集处理污泥浓缩脱水区域的气体,处理量为22 000 m<sup>3</sup>/h。两套装置均采用生物除臭。

## 3.2 提标工程工艺设计

提标工程的工艺流程如图2所示。

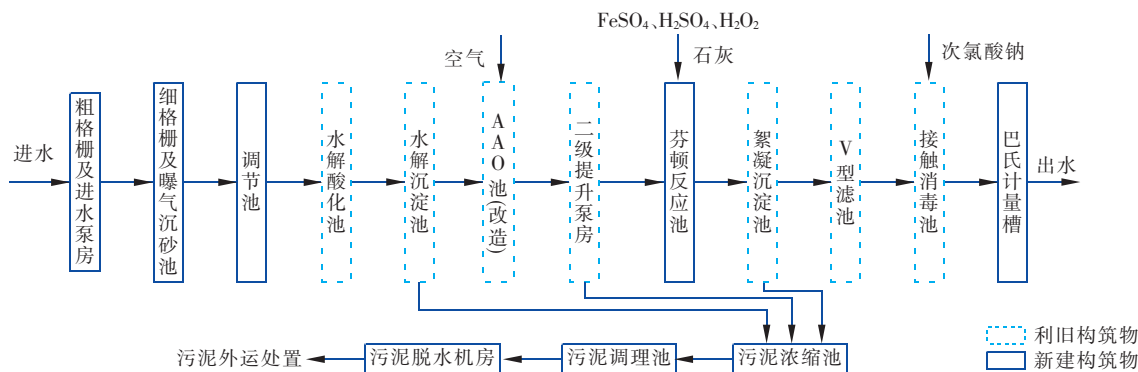


图2 提标工程工艺流程

Fig. 2 Process flow chart of upgrading project

### ① MSBR 池改造

原有 MSBR 池2座,单座规模为 $1 \times 10^4$  m<sup>3</sup>/d,依次设有1个预缺氧区(HRT=1.56 h)、1个厌氧区(2.16 h)、1个好氧区(3.18 h)、1个缺氧区(1.56 h)、2个好氧区(3.87 h $\times$ 2)、2个SBR区(4.8 h $\times$ 2)。提标工程将 MSBR 池改造为 A/A/O 池。

将 MSBR 进水管改为从一端进入 MSBR 池,MSBR 池尾部区域( $L \times B=35$  m $\times$ 12 m)安装2台吸泥机及钢制污泥回流渠道,沉淀区的峰值表面负

荷为 $1.4$  m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h)。

重新分隔池内空间,HRT 为厌氧池1.5 h、缺氧区6.9 h、好氧区12.6 h;拆除原有浮筒搅拌器,在厌氧、缺氧区安装立式搅拌器;更换已损坏的曝气盘;增加硝化液回流泵及污泥回流泵,内回流比为300%。

### ② 絮凝沉淀池改造

絮凝沉淀池改造主要是将原有斜管换为斜板,具体要求与扩建工程高效沉淀池类似。

4 运行效果及成本

污水厂提标工程于 2018 年 9 月—2019 年 8 月实施完毕,2019 年 9 月—12 月开始试运行,试运行

期间的水质见表 3。由表 3 中的数据可见,改造后出水水质较好,可以达到设计标准,直接运行成本为 1.42 元/m<sup>3</sup>。

表 3 提标改造后的实际进、出水水质

Tab.3 Actual influent and effluent quality of upgrading project

| 项 目      | COD/<br>(mg · L <sup>-1</sup> ) | BOD <sub>5</sub> /<br>(mg · L <sup>-1</sup> ) | SS/<br>(mg · L <sup>-1</sup> ) | NH <sub>3</sub> - N/<br>(mg · L <sup>-1</sup> ) | TN/<br>(mg · L <sup>-1</sup> ) | TP/<br>(mg · L <sup>-1</sup> ) | pH 值 | 色度/<br>倍 |
|----------|---------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|----------|
| 最高进水     | 537.00                          | 213.00                                        | 204.00                         | 20.80                                           | 30.80                          | 11.40                          | 7.63 | 128      |
| 95% 概率进水 | 532.45                          | 201.42                                        | 192.68                         | 20.70                                           | 30.52                          | 11.39                          | 7.63 | 128      |
| 平均进水     | 343.77                          | 161.67                                        | 168.00                         | 14.74                                           | 24.50                          | 9.45                           | 7.30 | 103      |
| 最高出水     | 34.10                           | 3.10                                          | 5.00                           | 2.08                                            | 9.86                           | 0.17                           | 7.12 | 4        |
| 95% 概率出水 | 32.01                           | 3.10                                          | 4.80                           | 2.04                                            | 9.44                           | 0.17                           | 7.11 | 2        |
| 平均出水     | 28.82                           | 2.90                                          | 3.71                           | 1.09                                            | 6.84                           | 0.07                           | 6.87 | 2        |

5 结论

浙江某污水厂提标及扩建工程总规模为 4 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d,其中提标 2 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d、扩建 2 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d。扩建工程采用调节池 + 水解酸化池 + 二级 A/O 生化池 + 芬顿 + 高效沉淀池 + V 型滤池 + 次氯酸钠消毒处理工艺;提标工程将 MSBR 池改造为 A/A/O 池,并增加了芬顿深度处理工艺,改造完成并经过试运行,出水水质已经稳定达到浙江省地方标准《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB 33/2169—2018)。本项目的实施为进水含印染废水比例较高、出水标准高的项目提供了参考,同时也削减了进入环境的污染物总量,对促进地方经济的可持续发展以及提高城市形象均有重要意义。

参考文献:

[1] 江伟民,蒋健,夏炜,等. 合肥市朱砖井污水处理厂提标改造设计与研究[J]. 中国给水排水,2015,31(10):64-68.  
Jiang Weimin, Jiang Jian, Xia Wei, et al. Design of upgrading reconstruction project in Hefei Zhuzhuanjing sewage treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2015,31(10):64-68(in Chinese).  
[2] 苗文凭,刘青岩. 工业园区污水处理厂的设计特点[J]. 中国给水排水,2016,32(8):44-46.  
Miao Wenping, Liu Qingyan. Design characteristics of wastewater treatment plant in industrial park[J]. China Water & Wastewater,2016,32(8):44-46(in Chinese).  
[3] 梁汀,陆冬平,蒋岚岚. 城市污水处理厂水解酸化工艺设计体会[J]. 中国给水排水,2009,25(20):31-33.

Liang Ting, Lu Dongping, Jiang Lanlan. Design of hydrolysis acidification process in wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater,2009,25(20):31-33(in Chinese).  
[4] 张挺,唐佳琦,高冲. 印染废水深度处理及回用技术研究进展[J]. 工业水处理,2013,33(9):6-9.  
Zhang Ting, Tang Jiayu, Gao Chong. Progress in the advanced treatment and reuse of dyeing wastewater[J]. Industrial Water Treatment, 2013, 33(9):6-9(in Chinese).  
[5] Xu X R, Li H B, Wang W H, et al. Degradation of dyes in aqueous solutions by the Fenton process [J]. Chemosphere,2004,57(7):595-600.



作者简介:许晓明(1986-),男,江苏无锡人,硕士,工程师,主要从事污水处理工程设计工作。  
E-mail:xuxiaominggg@126.com  
收稿日期:2019-10-09