

# MBR 工艺在西安经开草滩污水处理厂中的应用

高海英<sup>1</sup>, 邓磊<sup>2</sup>, 侯晓庆<sup>2</sup>, 陈翔<sup>2</sup>, 涂小平<sup>3</sup>

(1. 北京久安建设投资集团有限公司, 北京 102206; 2. 北京碧水源科技股份有限公司, 北京 102206; 3. 西安碧源水务有限公司, 陕西 西安 710000)

**摘要:** 西安经开草滩污水处理厂设计规模为  $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 设计出水水质为《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级 A 标准, 出水一部分排放至渭河, 另一部分进入回用管网。因本项目规划用地仅  $10 \text{ hm}^2$  左右, 且出水标准要求高, 因此最终确定采用 MBR 工艺, 工艺流程为预处理 +  $\text{A}^2\text{O}$  + MBR + 接触消毒。吨水占地约  $0.399 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , 平均吨水能耗约  $0.37 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ 。污水厂实际运行结果表明, 出水水质优于设计标准, 且 MBR 工艺与 AVS 精确曝气技术的结合切实解决了用地紧张、出水水质要求高、耐高负荷水质水量冲击等问题, 降低了 MBR 工艺运行成本。

**关键词:** 污水处理厂; MBR;  $\text{A}^2\text{O}$  工艺; 精确曝气技术; 接触消毒

**中图分类号:** TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)08-0063-06

## Application of MBR in Caotan Wastewater Treatment Plant in Xi'an Economic Development District

GAO Hai-ying<sup>1</sup>, DENG Lei<sup>2</sup>, HOU Xiao-qing<sup>2</sup>, CHEN Xiang<sup>2</sup>, TU Xiao-ping<sup>3</sup>

(1. Beijing Jiuan Construction & Investment Group Co. Ltd., Beijing 102206, China; 2.

Beijing Origin Water Technology Co. Ltd., Beijing 102206, China; 3. Xi'an Biyuan Water Co. Ltd., Xi'an 710000, China)

**Abstract:** The design treatment capacity of Caotan wastewater treatment plant in Xi'an economic development district was  $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ . The effluent quality was required to meet the first class level A standard of *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002). One part of the effluent was discharged into Weihe River, the other part was put into the reused network. The planned land for this project was only about  $10 \text{ hm}^2$ , while the reused water and effluent standards were relatively high. Therefore, MBR process was finally adopted as the main treatment unit. The treatment process was pretreatment unit +  $\text{A}^2\text{O}$  + MBR + contact disinfection tank. The land coverage for every ton of water treated was about  $0.399 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , and the average power consumption was about  $0.37 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ . The operation practice showed that the effluent quality was superior to the design standard. The effective combination of MBR process and AVS precise aeration technology solved the problems of land shortage, high effluent quality standard, resistance to the impact of high load raw water quality and quantity, and reduction of the overall operation cost of MBR process.

**Key words:** wastewater treatment plant; MBR;  $\text{A}^2\text{O}$  process; precise aeration technology; contact disinfection

## 1 工程概况

### 1.1 项目背景

陕西省政府于2015年起启动新三年行动计划《渭河流域水污染防治巩固提高三年行动方案(2015—2017年)》。皂河是渭河西安段最大的污染源,皂河全长为35.7 km,源头位于长安区,皂河源头生态水已枯竭,成为了西安市的主要排污渠。皂河由南向北流经长安、雁塔、高新、沣东、莲湖、经开6个区后在西安北郊草滩汇入渭河,沿线接纳了西安主城60%多的生活污水,经皂河每天排入渭河的污水达 $85 \times 10^4 \text{ m}^3$ 以上,可见渭河西安段水质变清,皂河水质是关键。

经开草滩污水处理厂是皂河入渭河的最后一道污水处理设施,主要服务范围包括碑林区、莲湖区、未央区,及皂河流域其他区域未处理污水。随着主要服务区域内住宅小区、公共场所不断建成,居住人口持续增加,以及污水管网不断完善,导致污水量持续增加。

因此需新建污水处理厂以满足皂河沿岸区域内污水处理的需求。

### 1.2 污水厂简介

西安市经开草滩污水处理厂于2015年开始设计建设,规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,出水水质执行一级A排放标准。

该厂厂址位于皂河入渭口的防护林带内,厂区呈不规则多边形,南北长约200 m,东西长约600 m。本项目占地极为紧张,若采用传统污水处理工艺则远远超出了规划占地,经比选后选择采用MBR工艺<sup>[1-2]</sup>。

西安经开草滩污水处理厂于2016年7月底正式通水后投入使用,实际处理污水量达 $22 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,实际出水除总氮外其他指标均可达地表Ⅳ类标准(总氮为10 mg/L左右)。

### 1.3 污水厂服务范围

该污水厂服务范围:西安市第一污水处理分区、皂河两岸污水分区(各污水分区超量污水)及汉长安城遗址区内的生活污水。

## 2 工艺路线的确定

### 2.1 设计进、出水水质

本项目进水以生活污水为主,水质确定以第一、第四污水厂为依据(主要参考85%保证率下的水质数据),剔除非正常因素的影响,确定设计进、出水

质。出水水质需达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级A标准,出水直接排放至渭河。

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  | 氨氮 | TN   | TP  |
|----|------------------|-----|-----|----|------|-----|
| 进水 | 250              | 500 | 390 | 38 | 52   | 7   |
| 出水 | 10               | 50  | 10  | 15 | 5(8) | 0.5 |

### 2.2 生物处理段工艺路线确定

目前,国内外污水处理普遍采用的生物除磷脱氮工艺有A<sup>2</sup>/O、改良A<sup>2</sup>/O、氧化沟、SBR及其变形工艺。

由于西安市大型污水处理厂(如第一污水厂二期工程、第二污水厂二期工程、第四污水厂、第六污水厂等)均采用了A<sup>2</sup>/O及其改良工艺,具有运行效果好、能耗低、出水水质稳定达标的优点。基于以上分析,考虑到项目用地紧张的情况,生物处理单元采用改良A<sup>2</sup>/O工艺。

### 2.3 深度处理段工艺路线确定

针对本项目的出水要求,深度处理工艺可在混凝沉淀、过滤、高速过滤、微过滤、膜过滤等技术中选用,对混凝+高密沉淀(方案一)、滤布滤池(方案二)、活性砂滤池(方案三)、MBR(方案四)四种工艺进行了比选。

比选结果表明,四个方案均能满足本项目设计出水水质的需求,其中方案一占地面积大、处理流程长,不适合本项目选用;方案二占地面积小,流程短,但是存在出水浊度不能保证的短板,不利于回用;方案三占地面积大。因此,考虑今后污水处理厂可能遇到在有限的面积下扩建及提标改造,从污水再生回用的角度出发,本项目最终确定选择MBR处理工艺。

## 3 工程设计

### 3.1 工艺流程

污水处理主体工艺:曝气沉砂池+辐流式初沉池+改良A<sup>2</sup>/O工艺+MBR膜池+次氯酸钠消毒,最后排入渭河。

污泥处理工艺:重力浓缩+离心脱水,脱水污泥外运统一处置。

工艺流程见图1。

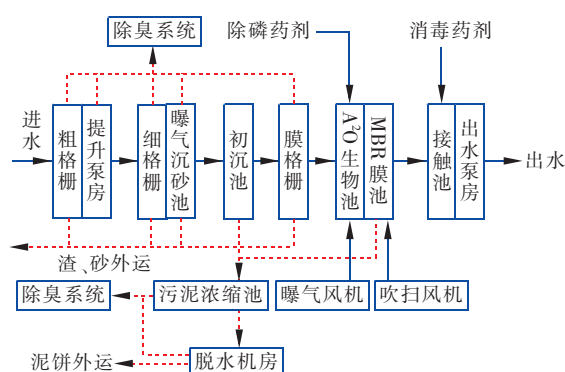


图1 污水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

## 3.2 预处理系统

### 3.2.1 粗格栅及进水提升泵房

污水流入抓斗式粗格栅,截留去除污水中粒径较大的悬浮物和漂浮物,再流入集水池。集水池内安装4台大泵、3台小泵。可在不同的处理规模下搭配使用,泵站有效容积为 $294\text{ m}^3$ ,为最大泵 $6.3\text{ min}$ 的流量(规范不小于 $5\text{ min}$ ),另提升泵前端设计集砂坑,安装可移动式渣浆泵,不定时将沉渣输送至地面上砂水分离器。

由于渭河洪水位高于污水厂的溢流水位,因此在集水池溢流出口设置液压式速闭闸,速闭反应时间为 $15\text{ s}$ ,当集水池内溢流水位上升时,利用速闭闸来隔断渭河水倒灌,保证了整个污水厂的安全运行。

### 3.2.2 细格栅及曝气沉砂池

细格栅采用网板式格栅,细格栅渠7道(5用2备),渠宽为 $1.6\text{ m}$ ,栅前水深为 $1.5\text{ m}$ 。栅条间距为 $4\text{ mm}$ 。根据多座污水厂运行经验,清洗格栅时高压泵基本不启用,因此在细格栅配备中压冲洗泵,避免了高压冲洗泵的闲置问题。

曝气沉砂池:设计平均时停留时间为 $8.2\text{ min}$ ,最高时流量停留时间为 $6.3\text{ min}$ ,池长为 $33\text{ m}$ 。

提升泵房中安装的每台提升泵对应细格栅单独的配水堰进行配水,根据每台泵的流量计算细格栅配水堰长,此种配水方式不但能控制污水厂的水力高程,还可以省去泵出口止回阀,避免了止回阀的频繁维修。

### 3.2.3 初沉池

曝气沉砂池出水进入初沉池,进一步去除污水中相对密度大的固体悬浮物。同时设置污泥回流泵对污泥进行淘洗,以便保留原水中营养物质,有利于

为生化反应提供营养物质。

初沉池4座,直径为 $28\text{ m}$ ,表面负荷为 $4.5\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ;峰值表面负荷为 $5.85\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ;沉淀时间为 $0.8\text{ h}$ ;均时堰口负荷为 $2.6\text{ L}/(\text{m} \cdot \text{s})$ ,污泥回流比为 $15\%$ 。

初沉池设置超越管线,当实际来水SS较低时,可以超越。初沉池撇除的栅渣单独设置渣水分离器,经分离后运出场外,避免栅渣再次回到污水处理系统造成二次污染。

### 3.2.4 膜格栅

膜格栅采用网板式格栅,膜格栅渠8道(6用2备),渠宽为 $1.6\text{ m}$ ,栅前水深为 $2.6\text{ m}$ 。栅条间距为 $1\text{ mm}$ ,每台格栅只配备中压冲洗系统。

## 3.3 生化处理系统

本工程生化池为地上加盖形式,池顶绿化,景观宜人。

生化池2座,每座包含厌氧池、缺氧池、好氧池。采用多点进水方式,通过叠梁闸向厌氧池配水,方闸门向缺氧、好氧池配水。通过叠梁闸的工作数量及方闸门的启闭来调整不同功能区的进水比例,以应对水质变化从而减少碳源的投加。

#### ① 厌氧池

污水首先进入厌氧区,同步进入厌氧区的还有从缺氧区进入的混合液(回流比为 $200\%$ )。厌氧区主要功能是利用进水中易降解 $\text{BOD}_5$ 作为碳源去除部分有机物并释放出大量磷酸盐。

该段水力停留时间为 $1.5\text{ h}$ 。每座分2个系列钢混池体,单系列平面尺寸为 $35.9\text{ m} \times 12\text{ m}$ ,有效水深为 $6.5\text{ m}$ 。每座设置4台 $4.3\text{ kW}$ 的水下推流器。

#### ② 缺氧池

污水经过厌氧区进入缺氧区,同步还有从好氧区回流的含硝态氮的混合液(内循环 $400\%$ )。由于混合液呈缺氧状态,使得反硝化反应在此得以实现,从而达到脱氮的功能。

该段水力停留时间为 $4.8\text{ h}$ 。2座,每座分2个系列钢混池体,单系列平面尺寸为 $44.6\text{ m} \times 35.9\text{ m}$ ,有效水深为 $6.45\text{ m}$ 。每座设8台 $4.3\text{ kW}$ 的水下推流器。

#### ③ 好氧池

该段水力停留时间为 $5.2\text{ h}$ 。2座,每座分2个系列钢混池体,单系列平面尺寸为 $51.6\text{ m} \times 33.5$

m, 气水比为 5.76 : 1, 污泥浓度为 8 333 mg/L, 同时末端好氧池预留了缺氧段(0.75 h), 预留的缺氧段内同时设计搅拌器和曝气盘, 用好氧和缺氧功能的切换来应对水质中总氮的变化。曝气盘采用 EPDM 薄膜板式曝气器 6 992 套。

#### ④ MBR 池<sup>[3]</sup>

生物池内的混合液通过出水堰重力自流进入膜进水渠道, 配送至各个 MBR 膜廊道。MBR 廊道为 24 座, 每座膜池安装 9 个膜组器, 预留 1 个空位, 膜组件出水通过总管连接, 并接入对应于水泵吸口, 依靠水泵产生的真空抽力将膜池中的水经过膜丝汇集到出水干管, 进入后续单元。MBR 设计平均通量为  $18.37 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , 内回流比为 500%; 膜池内污泥浓度为 10 000 mg/L; 膜吹扫风量为  $68\,880 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ; 气水比为 8.27 : 1。

每个膜池的前端设闸板, 另一端设堰板, 膜池内混合液通过该出水堰溢流至混合液回流渠道中, 渠道内设置回流泵, 将混合液回流至好氧池。

### 3.4 精确曝气系统

本项目设计了 AVS 精确曝气系统<sup>[4]</sup>, 通过控制生化系统的 DO 来自动调节鼓风机的导叶, 从而调节鼓风机总出口压力或总出口风量。该系统使得 DO 控制的稳定度大大提高, 使微生物生化环境的稳定性随之提高, 进而促进生化处理工艺的稳定运行, 提高了出水水质的达标率和稳定性, 实现了污水厂的节能运行。

根据曝气管路设计, 将单组生化池的好氧段分成 2 个溶解氧控制区, 全厂共设置 8 个溶解氧控制区, 对溶解氧进行精确控制。

AVS 精确曝气系统要求每个标准溶解氧控制区至少配置 1 台可调节电动阀门、1 台空气流量计和 1 台在线溶解氧仪表。

另外, 由于 AVS 系统需要 MLSS、压力、液位等反馈信号来补偿曝气量计算, 因此, 需同时设置 MLSS 仪、压力变送器和液位计等仪表, 另配置 AVS 工作站、控制柜、AVS 精确曝气控制软件(含生化需气量计算模块、鼓风机控制模块、气量分配模块、数据处理模块)。

### 3.5 鼓风机房

配置生化池曝气及膜池吹扫风机各 5 台(4 用 1 备), 单台  $Q = 12\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 80 \text{ kPa}$ ,  $P = 355 \text{ kW}$  和  $Q = 17\,220 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 45 \text{ kPa}$ ,  $P = 310 \text{ kW}$ 。同时

生化池曝气采用精确曝气系统通过控制好氧池内溶解氧的浓度来调节风机风量。

### 3.6 MBR 辅助设备间

辅助设备间主要用于安放膜配套设备, 如产水泵(产 7 min 停 1 min)、CIP 泵、剩余污泥泵和膜在线药洗系统和化学除磷加药系统等。其中产水泵  $Q = 540 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 100 \text{ kPa}$ ,  $P = 30 \text{ kW}$ , 28 台(24 用 4 备); CIP 泵  $Q = 210 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 120 \text{ kPa}$ ,  $P = 11 \text{ kW}$ , 4 台(2 用 2 备)。

### 3.7 接触消毒池及尾水提升泵房

当渭河处于枯水期时, 尾水可通过自流流出, 当处于丰水期时需要利用提升泵提升, 因此尾水提升泵房设置了超越及阻断闸门, 用以在不同季节采用不同的出水方式。

由于提升扬程很小, 本项目选择潜水轴流泵作为提升泵,  $Q = 3\,612 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 47.7 \text{ kPa}$ ,  $N = 75 \text{ kW}$ , 3 台。接触消毒池采用 10% 次氯酸钠溶液消毒, 接触时间为 30 min, 投加量为 6 mg/L。

### 3.8 污泥处理系统

本工程污泥处理采用“污泥重力浓缩 + 离心脱水”的处理方案, 最终将污泥脱水至含水率为 80% 以下, 存贮至污泥料仓, 然后外运进行处置。日产绝干污泥量为 48 t/d, 设计 4 台处理量为  $55 \text{ m}^3/\text{h}$ 、功率为  $(55 + 15) \text{ kW}$  的离心脱水机。

### 3.9 除臭系统

本项目利用集气罩及反吊膜对全厂的构筑物进行臭气收集, 实现完全的全封闭系统。其中 MBR 池采用留有观察孔的推拉移动式耐力板收集臭气, 不但能观察 MBR 膜池的运行情况, 还方便膜组器离线清洗时对其进行吊装。

## 4 经济技术指标、运行费用分析

本项目规模为  $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 总占地为  $79\,834.54 \text{ m}^2$ , 吨水占地为  $0.399 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , 总投资为 5.329 0 亿元, 吨水投资为 2 664 元/ $\text{m}^3$ 。

运行费用: 工资福利费、动力费、化学品费、污泥运费、日常维护及大修费、水质检测及在线仪表维护费、管理费、保险费、房产税、膜更换费分别为 0.029 6、0.284 8、0.111、0.014 4、0.041 6、0.003 8、0.018 2、0.005 8、0.000 7、0.07 元/ $\text{m}^3$ , 总运行成本为 0.58 元/ $\text{m}^3$ 。

## 5 调试过程

2016 年经过近 4 个多月的试运行, 全厂所有设



备仪表、电气自控系统工作正常,水量、水质指标均已达到设计要求,调试过程见表 2。

表 2 调试过程

Tab.2 Commissioning process

| 时 间                | 试运行内容   |
|--------------------|---|
| 7 月 30 日—8 月 13 日  | 打开进水闸门,连续进污水,污水量控制在 5 000 m <sup>3</sup> /d,然后每天在粗格栅投泥 2 车,约 40 t 泥(80% 含水率),再利用提升泵将泥水混合物打入后续单元,连续 13 天直至生化池污泥浓度达到 2 000 mg/L |
| 8 月 14 日—30 日      | 完成池体接种污泥投加后,进行水质的监测,根据水质情况,调整运行参数,使污泥浓度快速增加。安排运行单位进入,参与运行工作   |
| 9 月 1 日—10 日       | 膜池出水量达到 4 × 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /d,记录主要工序运行参数,调整营养物质加药量,拆除临设   |
| 9 月 11 日—30 日      | 逐步增加进水量到设计污水量 8 × 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /d,并监测水质,调整工艺参数直至水质达标  |
| 10 月 7 日—12 月 30 日 | 逐步增加进水量到设计污水量 20 × 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /d,开始投加除磷药剂并进行排泥处理,调整工艺参数直至所有水质达标   |

6 实际运行情况 如表 3、4 所示。表 3、4 中的数据验证了整个工程设  
2018 年每个月实际水质指标及运行参数分别 计的合理性<sup>[5]</sup>。

表 3 2018 年每月进、出水水质

Tab.3 Monthly influent and effluent quality in 2018

| 月份 | 进水水质/(mg · L <sup>-1</sup> ) |                  |     |      |       |      | 出水水质/(mg · L <sup>-1</sup> ) |                  |    |       |       |       | 电耗/<br>(kW · h · m <sup>-3</sup> ) |
|----|------------------------------|------------------|-----|------|-------|------|------------------------------|------------------|----|-------|-------|-------|------------------------------------|
|    | COD                          | BOD <sub>5</sub> | SS  | TN   | 氨氮    | TP   | COD                          | BOD <sub>5</sub> | SS | TN    | 氨氮    | TP    |                                    |
| 1  | 459                          | 260              | 230 | 47.3 | 40.48 | 5.19 | 14                           | 3.5              | 2  | 9.96  | 0.391 | 0.188 | 0.41                               |
| 2  | 480                          | 255              | 270 | 46.0 | 35.35 | 6.15 | 12                           | 2.3              | 3  | 8.54  | 0.348 | 0.236 | 0.40                               |
| 3  | 488                          | 271              | 291 | 47.0 | 37.57 | 7.18 | 12                           | 3.2              | 3  | 10.08 | 0.310 | 0.255 | 0.35                               |
| 4  | 498                          | 295              | 289 | 49.4 | 39.55 | 5.73 | 12                           | 3.4              | 5  | 9.67  | 0.211 | 0.195 | 0.36                               |
| 5  | 529                          | 323              | 258 | 48.8 | 41.00 | 5.99 | 12                           | 3.3              | 4  | 10.36 | 0.265 | 0.113 | 0.36                               |
| 6  | 479                          | 304              | 276 | 47.8 | 39.92 | 5.86 | 12                           | 3.4              | 2  | 9.13  | 0.282 | 0.101 | 0.35                               |
| 7  | 424                          | 260              | 218 | 43.9 | 34.41 | 5.04 | 11                           | 3.5              | 4  | 8.45  | 1.620 | 0.157 | 0.36                               |
| 8  | 449                          | 223              | 203 | 44.9 | 35.81 | 4.87 | 12                           | 3.8              | 3  | 8.73  | 0.209 | 0.183 | 0.35                               |
| 9  | 449                          | 229              | 199 | 46.2 | 37.96 | 5.32 | 11                           | 4.0              | 2  | 8.87  | 0.217 | 0.195 | 0.35                               |
| 10 | 509                          | 226              | 231 | 49.0 | 41.12 | 5.16 | 12                           | 3.0              | 5  | 10.48 | 0.179 | 0.216 | 0.35                               |
| 11 | 481                          | 239              | 216 | 49.4 | 41.47 | 5.11 | 11                           | 3.5              | 2  | 9.08  | 0.308 | 0.128 | 0.40                               |
| 12 | 504                          | 216              | 231 | 55.1 | 44.54 | 4.77 | 12                           | 2.0              | 2  | 8.97  | 0.218 | 0.100 | 0.42                               |

表 4 2018 年每月主要运行参数

Tab.4 Monthly main operating parameters in 2018

| 月份 | 进水量/<br>(m <sup>3</sup> · d <sup>-1</sup> ) | 厌氧<br>ORP/mV | 缺氧<br>ORP/mV | 好氧末端 DO/<br>(mg · L <sup>-1</sup> ) | 好氧污泥浓度/<br>(mg · L <sup>-1</sup> ) | SV/<br>% | SVI/<br>(mL · g <sup>-1</sup> ) | 跨膜压<br>差/kPa | 膜通量/<br>(L · m <sup>-2</sup> · h <sup>-1</sup> ) | 膜池污泥浓度/<br>(mg · L <sup>-1</sup> ) |
|----|---|--------------|--------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------|---------------------------------|--------------|--|------------------------------------|
| 1  | 207 954                                     | -574         | -476         | 0.84                                | 11 934                             | 83       | 70                              | -20          | 19.1   | 11 292                             |
| 2  | 200 149                                     | -587         | -494         | 0.57                                | 13 233                             | 95       | 73                              | -20          | 18.4   | 11 266                             |
| 3  | 214 604                                     | -318         | -500         | 1.60                                | 7 230                              | 89       | 124                             | -20          | 19.7   | 11 095                             |
| 4  | 222 310                                     | -354         | -539         | 0.89                                | 9 869                              | 94       | 98                              | -20          | 20.4   | 10 729                             |
| 5  | 226 801                                     | -370         | -516         | 1.18                                | 10 004                             | 90       | 91                              | -20          | 20.8   | 10 821                             |
| 6  | 225 957                                     | -367         | -519         | 0.83                                | 9 119                              | 86       | 96                              | -21          | 20.8   | 10 829                             |
| 7  | 228 043                                     | -359         | -527         | 0.32                                | 11 301                             | 89       | 72                              | -21          | 20.9   | 10 729                             |
| 8  | 229 231                                     | -386         | -549         | 0.23                                | 10 136                             | 78       | 78                              | -24          | 21.1   | 11 135                             |
| 9  | 226 281                                     | -436         | -537         | 0.22                                | 12 647                             | 88       | 70                              | -24          | 20.8   | 11 011                             |
| 10 | 218 149                                     | -377         | -542         | 0.27                                | 11 854                             | 82       | 70                              | -15          | 20.0   | 10 919                             |
| 11 | 214 203                                     | -463         | -531         | 0.27                                | 14 464                             | 92       | 65                              | -18          | 19.7   | 10 812                             |
| 12 | 220 539                                     | -453         | -215         | 0.57                                | 12 492                             | 89       | 74                              | -20          | 20.3   | 10 849                             |

本项目于2016年投产后实际日处理水量高达 $22 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,已超过设计水量,且实际进水水质偶尔会超过设计值,但产水却优于设计出水水质,出水除总氮( $10 \text{ mg/L}$ 左右)外,其他指标均达到地表Ⅳ类标准,平均吨水能耗约 $0.37 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ ,较以往未设置精确曝气系统的能耗降低约10%。

## 7 运行存在的问题及改进措施

① MBR系统污泥浓度高,污泥龄长,膜池配水渠及回流渠上层浮泥较厚。改进措施:在配水渠及回流渠上层增加气水搅拌装置。

② 春季温度升高,生物池浮泥较厚,上层浮泥无法及时去除。改进措施:将生物池搅拌器、推流器改为可升降式。

③ 膜池排泥泵排泥管路过长,距离不等,容易出现各个廊道排泥不均匀的情况。改进措施:增加排泥泵台数,不宜设置成一台泵连接十几个廊道排泥管路。

④ 内进流式膜格栅拦截效果差,后端膜丝缠绕的头发丝及纤维较多,严重影响后续膜系统运行。改进措施:更换拦截效果好的品牌格栅或者减小膜格栅孔径。

## 8 结论

西安经开草滩污水处理厂的设计及运行结果证明,MBR工艺可以解决占地面积有限、出水水质要求高的问题,该工程可为出水要求为类地表Ⅳ类水质的城镇污水处理厂的设计提供参考。

## 参考文献:

- [1] 杨学贵,肖晓文,孙雁,等. 昆明第四水质净化厂 MBR 工艺 7 年运行实践分析[J]. 中国给水排水,2017, 33 (14):121-127.  
Yang Xuegui, Xiao Xiaowen, Sun Yan, *et al.* Analysis of MBR of 7 years practical operation in the fourth wastewater purification plant of Kunming [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33 (14): 121 - 127 (in Chinese).
- [2] 聂新宇,罗敏,刘慰,等. 无锡梅村污水处理厂 MBR 工艺多年运行效果分析[J]. 给水排水,2017,43(1): 25-27.

Nie Xinyu, Luo Min, Liu Wei, *et al.* Analysis on long-term operational performance of a MBR process of Meicun wastewater treatment plant in Wuxi City [J]. Water & Wastewater Engineering, 2017, 43 (1): 25 - 27 (in Chinese).

- [3] 蔡丹新,胡邦,李大成,等. 无锡市某城镇污水处理厂扩建工程 MBR 工艺设计[J]. 中国给水排水,2011,27 (18):36-39.  
Cai Danxin, Hu Bang, Li Dacheng, *et al.* Design of MBR process in extension project of a municipal sewage treatment plant in Wuxi City [J]. China Water & Wastewater, 2011, 27 (18): 36 - 39 (in Chinese).
- [4] 李建飞,靖文,程刘. 精确曝气系统在污水厂中应用[J]. 水科学与工程技术,2013(4):52-54.  
Li Jianfei, Jing Wen, Cheng Liu. Application of precise aeration system in sewage plant [J]. Water Sciences and Engineering Technology, 2013(4): 52 - 54 (in Chinese).
- [5] 侯晓庆,邓磊,高海英,等. MBR 工艺在神定河污水处理厂升级改造中的应用[J]. 中国给水排水, 2018,34(22):66-70.  
Hou Xiaoqing, Deng Lei, Gao Haiying, *et al.* Application of MBR process in the upgrading and reconstruction project of Shending River wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34 (22): 66 - 70 (in Chinese).



作者简介:高海英(1984-),女,河北承德人,本科,工程师,主要从事膜工艺设计等相关工作。

E-mail:ghyzl@163.com

收稿日期:2019-04-08