

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.14.017

# MSBR 与 BAF 工艺用于市政污水处理工程提标扩建

刘杨华<sup>1</sup>, 陈波<sup>2</sup>, 刘丽<sup>2</sup>, 谢青松<sup>2</sup>

(1. 长江生态环保集团有限公司, 湖北 武汉 430000; 2. 中国葛洲坝集团水务运营有限公司, 湖北 武汉 430000)

**摘要:** 某市政污水处理厂设计总规模为  $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 其中一期工程提标改造规模为  $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 二期扩建规模为  $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。一期工程采用 MSBR 工艺, 原出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 B 标准, 提标改造工程增加“反硝化滤池+微砂高效沉淀池”深度处理工艺; 二期扩建工程采用“初沉池+曝气生物滤池(两段式: 前置反硝化+后置硝化)+微砂高效沉淀池”工艺, 提标改造及扩建工程实施后出水水质执行一级 A 标准。该组合工艺处理负荷高、占地面积小, 实际运行结果表明, 各项出水指标可以稳定达到设计要求。

**关键词:** MSBR; 反硝化滤池; 曝气生物滤池; 微砂高效沉淀池

**中图分类号:** TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)14-0109-04

## Application of MSBR and BAF Process in Upgrading and Expansion Project of Municipal Wastewater Treatment Plant

LIU Yang-hua<sup>1</sup>, CHEN Bo<sup>2</sup>, LIU Li<sup>2</sup>, XIE Qing-song<sup>2</sup>

(1. Yangtze Ecology and Environment Co. Ltd., Wuhan 430000, China; 2. China Gezhouba Group Water Operation Co. Ltd., Wuhan 430000, China)

**Abstract:** The total design scale of a municipal wastewater treatment plant is  $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , and the scale of phase I upgrading project is  $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , phase II expansion project is  $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ . The phase I project adopted the MSBR process, and the original effluent quality implemented the first level B standard based on *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002). The phase I upgrading project added the advanced treatment process of “denitrification filter + micro-sand high-efficiency sedimentation tank”. The treatment process of phase II expansion project adopted the process of “primary sedimentation tank + biological aerated filter (two-stage: pre-denitrification + post-nitration) + micro-sand high-efficiency sedimentation tank”. After the implementation of the upgrading and expansion project, the quality of effluent was required to meet the first level A standard. The combined process had the advantages of high processing load and small footprint. The actual operating results showed that the various effluent indicators could stably meet the design requirements.

**Key words:** MSBR; denitrification filter; BAF; micro-sand high-efficiency sedimentation tank

### 1 工程概况

#### 1.1 水质、水量

某市政污水处理厂一期工程于 2008 年 4 月建

设完成并投入运营, 规模为  $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 采用相对节地的 MSBR 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 B 标

准。随着纳污片区城市化的推进,污水量日渐增多,污水处理厂排放标准也日趋严格,为此,2016年启动了二期扩建及一期提标改造工程建设,二期扩建规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,污水处理总规模达到 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准。

本工程设计进、出水水质见表1。

表1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality

项目	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP
设计进水	290	110	240	24	28	3.5
设计出水	50	10	10	5(8)	15	0.5

注: 括号外数据为水温 $>12\text{ }^\circ\text{C}$ 时的控制指标,括号内数据为水温 $\leq 12\text{ }^\circ\text{C}$ 时的控制指标,同时出水中大肠杆菌应限制在1000个/L以下。

## 1.2 工艺选择

由于本污水厂选址于市区,用地紧张,一期工程生化段采用用地较节省的MSBR工艺。

二期扩建工程用地紧张,预留用地面积小且呈狭长的“L”型,不利于构(建)筑物布置。经工艺比选,主体工艺采用占地面积小的曝气生物滤池(BAF)工艺。BAF是一种高效的生物膜法污水处理工艺,将生物反应和固液分离功能集于一体,具有占地面积小、抗冲击负荷能力强、便于模块化设计建

设等优点,在国内已有较多成功实例<sup>[1]</sup>。

一期提标工程主要对出水SS、TP、TN进一步处理,为此,改造原MSBR工艺,并增加深度处理工艺。二级生化处理出水SS浓度可以稳定小于 $20 \text{ mg/L}$ ,但达到 $10 \text{ mg/L}$ 比较困难,提标工程采用增加混凝沉淀的方法,确保出水 $\text{SS} \leq 10 \text{ mg/L}$ ;生物除磷可以达到 $1 \text{ mg/L}$ ,但达到 $0.5 \text{ mg/L}$ 比较困难,提标工程采用后沉淀除磷,确保出水 $\text{TP} \leq 0.5 \text{ mg/L}$ ;强化生物脱氮除磷,提高系统对内部碳源的利用效率和提高反硝化效率后,二级生化处理出水TN浓度可以稳定小于 $20 \text{ mg/L}$ ,但很难保证达到 $15 \text{ mg/L}$ ,因此提标工程增加后置反硝化设施和投加外部碳源进行反硝化,确保出水 $\text{TN} \leq 15 \text{ mg/L}$ 。

为了充分利用原水中的碳源,尽可能提高总氮去除率,BAF设计分为两段:前置反硝化段+后置硝化段,后置硝化段部分出水进入回流泵站,与前端初沉池出水混合,进入前置反硝化段进行脱氮。

为了节省占地,末端的沉淀工艺考虑采用集机械混合、絮凝、斜板沉淀于一体的高效沉淀池工艺。同时,在絮凝区投加微砂,增强絮凝效果,提高沉淀效率<sup>[2]</sup>。

## 1.3 工艺流程

根据以上分析,确定了本工程工艺流程,具体如图1所示。

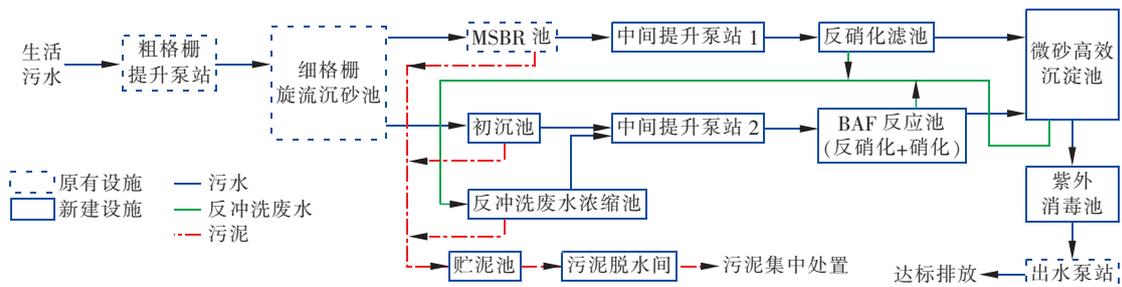


图1 污水处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of wastewater treatment process

## 2 工艺设计

### 2.1 一期提标改造

#### ① 预处理改造

总设计规模为 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。新建2台高效耙齿回转格栅。栅条间隙为 $10 \text{ mm}$ , $N=0.75 \text{ kW}$ ;新建4台孔板细格栅,孔板宽度为 $2100 \text{ mm}$ ,孔径为 $3 \text{ mm}$ , $N=1.5 \text{ kW}$ ;设置2台沉砂池立式桨叶搅拌器,2台砂泵,2台冲洗泵;改造沉砂池池底及进水口。

#### ② MSBR池改造

总设计规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。污泥负荷为 $0.07 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ ,悬浮固体浓度为 $2500 \text{ mg/L}$ ,产泥率为 $0.402 \text{ kgDS/kgBOD}_5$ 。MSBR池改造如下:a.新增推流器,防止短流,更好地利用现有池容进行硝化反应;b.增设曝气管,防止出现搅拌力度不够、死角和曝气不够等问题;c.增设ORP仪、磷酸盐仪、硝酸盐氮仪,对脱氮除磷效果进行监控;d.

增设潜水回流泵变频控制,精确控制回流;e.在空气总管上安装空气流量计、空气压力计,并更换空气调节阀,以便更好地控制进气量。

### ③ 中间提升泵站1

新建中间提升泵站1,设计规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,钢筋混凝土结构,设置潜水轴流泵4台(3用1备),变频控制。

### ④ 反硝化滤池

新建反硝化滤池1座,设计规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,钢筋混凝土结构。平均滤速为 $9.70 \text{ m/h}$ ;强制滤速为 $11.60 \text{ m/h}$ ;水洗强度 $19.44 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ;气洗强度 $3.33 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。采用出水进行反冲洗,冲洗废水进入反冲洗废水浓缩池。

## 2.2 二期扩建

### ① 初沉池

新建初沉池1座,设计规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。混合段停留时间为 $1.46 \text{ min}$ ;机械搅拌段的停留时间为 $10.46 \text{ min}$ ;沉淀段的表面负荷为 $21.20 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。钢筋混凝土结构,设置桨式搅拌机、框式搅拌机、刮泥机各1台。

### ② 反冲洗废水浓缩池

新建反冲洗废水浓缩池1座,用于反硝化滤池与曝气生物滤池的反冲洗废水以及微砂高效沉淀池的排泥水处理。设计规模为 $3.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。表面负荷为 $18.60 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。钢筋混凝土结构,设置浓缩机。

### ③ 中间提升泵站2

新建中间提升泵站2与曝气生物滤池合建。设计规模为 $13.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。钢筋混凝土结构,设置潜水混流泵3台(2用1备),变频控制。

### ④ BAF反应池(曝气生物滤池)

反硝化滤池+硝化滤池串联使用。钢筋混凝土结构,设计规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

前置反硝化段:硝化液回流比为 $50\% \sim 100\%$ ,溶解性COD负荷 $2.31 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ , $\text{BOD}_5$ 负荷 $2.74 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ , $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 负荷 $0.27 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ;后置硝化段:溶解性COD负荷 $0.89 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ , $\text{BOD}_5$ 负荷 $0.93 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ , $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 负荷 $0.74 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

### ⑤ 微砂高效沉淀池

新建微砂高效沉淀池1座,设计规模为 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。混合段停留时间为 $1.40 \text{ min}$ ;机械搅拌段停

留时间为 $3.50 \text{ min}$ ;沉淀段表面负荷为 $33.87 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ;微砂粒径为 $125 \sim 150 \mu\text{m}$ 。采用钢筋混凝土结构。

### ⑥ 紫外消毒池

拆除原一期紫外消毒池,新建紫外消毒池1座,设计规模为 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ;  $K_z = 1.30$ 。钢筋混凝土结构,设置紫外光消毒设施1套,设备总功率为 $145 \text{ kW}$ 。

### ⑦ 二期鼓风机房及配电间

新建二期鼓风机房1座,与配电间合建。设计规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。二期鼓风机房主要负责向曝气生物滤池与反硝化滤池供气。设置3台单级离心鼓风机,2用1备。

### ⑧ 综合加药间

新建加药间1座,设计规模为 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。设置PAC、PAM、乙酸钠3种药剂投加系统。

PAC有效浓度为 $10\%$ ,设置投加量:微砂高效池 $70.10 \text{ mg/L}$ 、初沉池 $31.40 \text{ mg/L}$ 、反冲洗废水浓缩池 $31.40 \text{ mg/L}$ ;PAM投加量:微砂高效池 $0.8 \text{ mg/L}$ 、初沉池 $0.5 \text{ mg/L}$ 、反冲洗废水浓缩池 $0.8 \text{ mg/L}$ ;乙酸钠投加点设置在MSBR池及反硝化滤池,根据运行情况灵活切换投加,投加量为 $14360 \text{ kg/d}$ 。

### ⑨ 贮泥池

新建贮泥池1座,设计规模为 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。进泥来自一期MSBR池、初沉池、反冲洗废水浓缩池。设置搅拌机2台。

### ⑩ 污泥脱水间

新建污泥脱水间1座,污泥经过离心脱水后,外运至污泥处置中心集中处置。设计规模为 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ;总污泥量(干泥)为 $64 \text{ t/d}$ 。

设置卧螺式离心脱水机5台(4用1备), $24 \text{ h}$ 运行。

### ⑪ 除臭系统

新建除臭系统3套,设计规模为 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。预处理、配水井、污泥脱水间、贮泥池臭气经收集后通过除臭管道输送至除臭系统1进行集中处理,总臭气量为 $36000 \text{ m}^3/\text{h}$ ;一期MSBR池臭气经收集后通过除臭管道输送至除臭系统2进行集中处理,总臭气量为 $11000 \text{ m}^3/\text{h}$ ;初沉池、反冲洗废水浓缩池臭气经收集后通过除臭管道输送至除臭系统3进行集中处理,总臭气量为 $5000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。3套系统均采

用生物滤池除臭工艺。

### 3 工艺特点

① 本工程二期扩建主体工艺设计采用曝气生物滤池+微砂高效沉淀池,均为高负荷处理工艺,采用组合式模块化建设,节省了用地面积。

② 项目厂址位于市区,周边均为高层住宅,对景观、除臭、噪声等要求很高。新增构筑物均采用建

筑加盖的形式,并设置绿色屋顶,便于除臭、噪声等环境影响因素的控制,也满足了景观需求。

### 4 运行效果

2018年1月—7月实际处理污水量范围为 $(25 \sim 32) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,进、出水指标平均值如表2所示。可见,出水水质完全达到设计标准。此外,工程除臭效果也满足各项要求,环境效益十分明显。

表2 实际运行进、出水水质

Tab.2 Actual influent and effluent quality

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

项目	COD		SS		$\text{NH}_3 - \text{N}$		TN		TP	
	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
1月	237.17	16.21	296.93	7.21	14.21	1.59	24.73	13.50	3.25	0.25
2月	332.07	16.43	405.36	5.36	11.60	1.57	30.01	10.62	4.71	0.21
3月	238.87	19.19	352.90	6.35	13.79	1.67	22.04	10.74	4.25	0.24
4月	223.70	14.57	356.73	5.87	12.01	0.77	21.07	8.69	3.84	0.22
5月	221.97	15.03	275.94	4.90	11.99	0.92	21.59	9.45	3.12	0.22
6月	224.71	15.63	301.47	5.10	11.99	0.74	25.06	9.17	3.80	0.29
7月	231.51	15.89	358.23	6.21	13.56	1.52	25.02	9.15	3.90	0.28
平均值	244.29	16.14	335.37	5.86	12.74	1.25	24.22	10.19	3.84	0.24

本工程总投资约为5.56亿元,其中建筑工程费为1.6亿元,安装工程费为0.8亿元,设备及工器具为1.8亿元,其他费用为1.36亿元。

工程直接运行成本费用包括药剂费、污泥处置费、动力燃料费、人工费等,合计7 600.75万元/a,则直接运行成本为0.69元/ $\text{m}^3$ 。

### 5 结语

该污水厂一期工程采用MSBR工艺,提标改造工程增加了“反硝化滤池+微砂高效沉淀池”深度处理工艺;二期扩建工程采用“初沉池+曝气生物滤池+微砂高效沉淀池”工艺,投产运行后,出水水质稳定达到一级A标准,环境效益显著。

### 参考文献:

- [1] 刘学钦,魏宏斌. BAF在废水提标改造及深度处理中的研究与应用[J]. 中国给水排水,2014,30(4):7-10.  
Liu Xueqin, Wei Hongbin. Research and application of biological aerated filter in wastewater upgrading reconstruction and advanced treatment[J]. China Water & Wastewater, 2014, 30(4): 7-10 (in Chinese).
- [2] 吉洁. 高效沉淀工艺介绍及分析[J]. 科技信息, 2014

(12):163.

Ji Jie. Introduction and analysis of high efficiency precipitation process [J]. Science & Technology Information, 2014(12):163 (in Chinese).



作者简介:刘杨华(1986-),男,湖南衡阳人,硕士,高级工程师,主要从事市政给排水设计及技术管理工作,曾获省级优秀工程咨询二、三等奖,省级优秀工程设计二等奖,国家级优秀工程设计二等奖。

E-mail:394708964@qq.com lyh\_hit@126.com

收稿日期:2019-03-25