

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.14.019

AAO-MBBR + 滤布滤池 + 深床滤池用于污水厂扩容提标

罗佳文, 杨伟龙, 钟良生, 赖杜锋

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

摘要: 江门市某污水处理厂总处理规模由 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 扩容至 $22 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 提标改造后出水水质由《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 B 标准提升至一级 A 标准和广东省《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001) 第二时段一级标准的较严者。介绍了 AAO-MBBR + 滤布滤池 + 反硝化深床滤池的扩容提标改造工艺设计及运行效果, 对用地条件受限的污水厂进行扩容提标改造具有一定的参考价值。

关键词: 污水处理厂; 扩容提标改造; AAO-MBBR; 滤布滤池; 反硝化深床滤池

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)14-0115-04

Application of AAO-MBBR, Cloth Media Filter, DDBF Process in Upgrading and Expansion of a WWTP

LUO Jia-wen, YANG Wei-long, ZHONG Liang-sheng, LAI Du-feng

(CCCC-FHDI Engineering Co. Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: After the upgrading and expansion of a WWTP in Jiangmen, the total design capacity increased from $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ to $22 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$. The effluent quality has been upgraded from the first level B criteria specified in the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002) to the stricter of the first level A criteria in GB 18918 - 2002 and the first level criteria of the second stage specified in *Discharge Limits of Water Pollutant* (DB 44/26 - 2001) in Guangdong Province. This paper elaborates the design and operation effect of the AAO-MBBR, cloth media filter, and denitrification deep bed filter (DDBF) process, which could provide reference to the upgrading of WWTP with limited land use conditions.

Key words: WWTP; upgrading and expansion; AAO-MBBR; cloth media filter; denitrification deep bed filter

1 工程概况

随着国民经济的快速发展,群众对水环境质量的要求日益提高。广东省江门市积极响应国家《水污染防治行动计划》“水十条”中关于加快城镇污水处理设施建设与提标的内容,制定并落实了《江门市水污染防治行动计划实施方案》的各项重要举措。

江门市某污水处理厂现状总处理规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 其中一期设计规模 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用

A^2/O 氧化沟微孔曝气处理工艺;二期设计规模 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用 $\text{A} - \text{A}^2/\text{O}$ 氧化沟微孔曝气处理工艺, 现状出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 B 标准。该厂进行扩容及提标升级改造后, 总处理规模将达到 $22 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 出水水质执行一级 A 排放标准和广东省《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001) 第二时段一级标准的较严者。

2017 年实际进、出水水质见表 1。

表 1 2017 年污水厂实际进、出水水质

Tab. 1 Actual influent and effluent quality in 2017

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

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
设计进水	300	150	180	30	40	5.0
原设计出水	≤40	≤20	≤20	≤10	≤20	≤0.5
实际进水▲	270.2	108.7	208.8	28.7	33.4	6.8
实际出水▲	21.8	3.1	9.7	2.7	13.1	0.3
本次设计出水	≤40	≤10	≤10	≤5(8)*	≤15	≤0.5

注: ▲实际进、出水为 2017 年月均值中最大值。* 括号外数值为水温 > 12 ℃ 时的控制指标, 括号内数值为水温 ≤ 12 ℃ 时的控制指标。

2 污水处理现状及扩容提标分析

该污水处理厂现状设计总处理规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 实际日均水量最大月在夏季, 达到 $25.64 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。本次新增区域增加污水处理规模 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 扩容后达到 $22 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。从原污水厂设计资料获悉, 粗细格栅以及曝气沉砂池可承受 1.4 倍的冲击负荷 ($28 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$), 扩容后总处理规模达到 $22 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 时变化系数为 1.3, 峰值流量为 $28.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 满足扩容要求; 经计算二沉池最大时和平均时表面负荷均满足扩容要求; 原氧化沟处理水量为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 因无扩建生化池用地, 考虑增加 MBBR 填料提高氧化沟负荷来承担新增的 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 容量。

虽然现有系统出水月均值均能达标, 但出水 SS 及 TN 波动较大, 濒临临界值, 是需要重点关注的控制指标。因此, 提标改造工艺路线确定为强化生物降解 + 过滤。针对该厂二期比一期工艺运行稳定的实际情况, 采用精细格栅 + 氧化沟 MBBR 改造 + 滤布滤池 + 反硝化深床滤池 ($5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$) + 紫外消毒渠的改造扩容提标工艺方案。

3 工程改造方案

3.1 扩容提标工艺设计方案

因该污水厂内无扩建预留用地, 结合现状构筑物布置情况, 充分利用构筑物与围墙之间的有限绿地, 在一、二期曝气沉砂池后新建精细格栅, 二沉池后新建次氯酸钠池和滤布滤池, 拆除现状接触消毒池后新建中间提升泵房及反硝化深床滤池, 改造原有紫外消毒渠和氧化沟。

工艺流程和总平面布置明确后, 利用中间提升泵房保证原有构筑物水力高程不变, 扩容提标改造污水处理工艺流程见图 1。改造后, 废水处理能力

增加 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 达到 $22 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。污泥处理工艺流程不变, 污泥产量增加 $4 \sim 5 \text{ t}/\text{d}$, 达到约 $40 \text{ m}^3/\text{d}$ (污泥含水率 60%)。原有隔膜压滤机共 3 台, 单台过滤面积 400 m^2 , 滤室容积 6.4 m^3 , 改造前运行时间为 $12 \sim 16 \text{ h}$, 改造后根据工艺参数灵活增加运行时间可满足约 $4 \sim 5 \text{ t}/\text{d}$ 污泥增量处理需求。

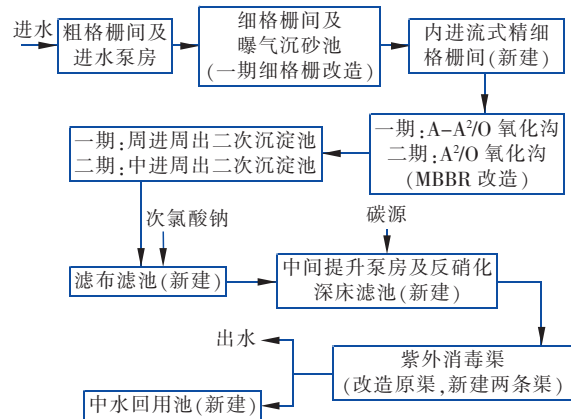


图 1 污水处理厂扩容提标工艺流程

Fig. 1 Flow chart of upgrading and expansion process of WWTP

3.2 扩容提标工艺运行方案

在曝气沉砂池后新建内进流式精细格栅, 强化去除污水中 SS 以降低后续处理单元负荷。在原有 AAO 氧化沟的缺氧段和好氧段增加 MBBR 悬浮填料, 在缺氧池通过增加生物量强化反硝化的效果, 好氧池通过增加氧化沟整体生物浓度以提高活性污泥处理能力^[1], 从而达到扩容至 $22 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的要求。前置反硝化工艺的正常运行, 确保了对 COD、BOD₅、TN 的去除。在二沉池后新建次氯酸钠池强化对氨氮和大肠杆菌的去除, 新建滤布滤池强化 SS 的去除。在滤布滤池后新建规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的反硝化深床滤池, 强化一期对 TN 的去除, 当前端运行良好时, 反硝化深床滤池停用, 滤布滤池出水直接进入紫外线消毒池; 当前置反硝化 (MBBR) 池 TN 处理未达标时, 后置反硝化深床滤池投入使用, 然后将反硝化深床滤池出水与滤布滤池出水混合后, 经紫外线消毒达标后排放^[2]。

3.3 主要构筑物设计参数

3.3.1 一期细格栅改造

一期细格栅现状为 2 条渠宽 1.6 m、深 1.7 m 的过水渠。为适应扩容需求, 在一期细格栅旁新增一条渠宽 1.2 m、深 1.7 m 的细格栅渠, 增设 1 台循

环式齿耙清污机,格栅宽1.1 m,栅前水深1.0 m,栅条间隙5 mm,安装角度75°。

3.3.2 精细格栅

一、二期工艺各增设3台内进流式网板格栅除污机,采用单道栅板的过水设计,单台格栅处理量2 000 m³/h,栅宽950 mm,栅前水深1.3 m,网板孔径 \varnothing 3 mm,安装角度90°,过栅流速5 m/min。

3.3.3 AAO-MBBR组合工艺

原设置4座AAO氧化沟,单座尺寸 $L \times B \times H = 84.9 \text{ m} \times 49.8 \text{ m} \times 6.8 \text{ m}$,有效水深6.1 m。在缺氧池及好氧池中投加MBBR改性生物悬浮填料,改造成AAO-MBBR组合工艺,使悬浮态的活性污泥与固着态的生物膜共同作用以达到扩容目的。改造后设计污泥负荷为0.1 kgBOD₅/(kgMLSS·d)。设计总水力停留时间控制为9.0 h,其中一期厌氧池1.4 h、缺氧池2.0 h、缺氧/好氧可調段1.0 h、好氧池4.6 h;二期预缺氧0.4 h、厌氧池1.3 h、缺氧池1.7 h、缺氧/好氧可調段1.0 h、好氧池4.6 h。在缺氧池中投加反硝化专用改性悬浮填料,通过提高缺氧池的生物量,实现TN的稳定去除。在好氧池内增加微孔曝气系统,同时投加硝化专用改性悬浮填料,改造好氧池前段为缺氧/好氧可調段。在好氧MBBR池末端设置填料拦截疏导系统,并配备防堆堵系统,保证填料不流失且在池中均匀分布。MBBR改性生物悬浮填料参数:比表面积625 m²/m³,尺寸 $\varnothing 25 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$,密度(未挂膜)0.96~1.00 g/cm³,空隙率>92%,堆积密度(96±3) kg/m³。

3.3.4 次氯酸钠储药池

一、二期工程各新建1座次氯酸钠储药池(配套2台隔膜泵,单台流量为3 m³/h,扬程60 kPa),尺寸 $L \times B \times H = 4.0 \text{ m} \times 4.0 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ 。当污水厂在线监测系统显示氨氮、大肠杆菌超标时,启动隔膜泵将次氯酸钠溶液投加至二沉池出水。氨氮超标的污水与次氯酸钠溶液反应可将氨氮氧化成氮气。同时,次氯酸钠+紫外线消毒也可提高对大肠杆菌的去除率。

3.3.5 滤布滤池

一、二期工程各新建1座3套滤布滤池,总尺寸 $L \times B \times H = 18.5 \text{ m} \times 13.9 \text{ m} \times 4.7 \text{ m}$,单套设计流量 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。污水经滤池挡板消能后进入滤布过滤,滤后液通过中空管收集后经溢流槽排出。在过滤过程中,部分污泥吸附于滤布外侧,积累的污泥将

导致滤布的过滤阻力增加,进而使滤池水位逐渐升高。当滤池与出水堰上水头之间的水位差达到设定的反冲洗值时,启动反冲洗泵进行反冲洗。单套滤布滤池参数:有效过滤面积250 m²,纳米滤盘直径3.0 m,滤速8~12 m/h,过滤网孔径 $\leq 10 \mu\text{m}$ 。单台反冲洗泵流量50 m³/h、扬程70 kPa。

3.3.6 中间提升泵房及反硝化深床滤池

新建提升泵房尺寸为9.5 m×12.8 m×4.3 m,设置2台潜水泵,单台流量2 750 m³/h,扬程60 kPa。新建1座4格反硝化深床滤池,总尺寸为 $L \times B \times H = 34.8 \text{ m} \times 21.4 \text{ m} \times 7.5 \text{ m}$,设计流量为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,设计滤速为7.8 m/h,设计负荷为1.0 kgNO₃⁻-N/(m³·d)。滤布滤池出水进入中间提升泵房,经泵提升后进入深床滤池。深床滤池为重力流滤池,介质组合为配水布气滤砖+石英砂(粒径2~3 mm)+鹅卵石(粒径3~38 mm),大部分运行期主要通过投加化学药剂微絮凝直接过滤去除SS和TP;当二沉池出水TN较高时,通过投加碳源及工艺运行的调整,实现反硝化功能,达到同步去除SS、TP和TN的效果。反硝化深床滤池采用气/水反冲洗模式进行反冲洗,反冲洗周期为24 h。反冲洗气洗强度90 m³/(m²·h),设置3台罗茨鼓风机,单台风量4 140 m³/h,风压70 kPa;反冲洗水洗强度15 m³/(m²·h),设置3台潜水泵,单台流量1 300 m³/h,扬程120 kPa。

3.3.7 紫外消毒渠及中水回用池

现状紫外消毒渠因出水渠闸门距离灯管模块太近,导致水力停留时间不够,致使大肠杆菌指标不达标。现改造原有1组消毒渠,新增3条紫外消毒渠,过水断面宽1.8 m,有效水深0.75 m,紫外线穿透率 $\geq 65\%$,有效剂量>20 mJ/cm²。新建中水回用池,绿化喷淋用水采用再生水系统,再生水量2 000 m³/d。

4 改造后实际运行效果

该提标扩建工程主体工程于2019年下半年完工,经3个月的运行调试后,系统进入稳定运行期,各项出水指标稳定达标。2019年—2020年实际进、出水水质见表2。

改造前一、二期出水SS为4~18 mg/L,TN为6.1~19.9 mg/L,改造前SS、TN的平均去除率分别为93%、57%;改造后一、二期出水SS为4~9 mg/L,TN为1.5~14.1 mg/L,其中一期TN在冬季不易达

标,反硝化深床滤池冬季进水 TN 为 10.6 ~ 18.8 mg/L。改造后 SS、TN 的平均去除率分别为 96%、66%,相比改造前均有提高。

表 2 提标扩容后实际进、出水水质

Tab. 2 Actual influent and effluent quality after upgrading and expansion

mg · L⁻¹

项 目	COD		BOD ₅		SS		NH ₃ - N		TN		TP	
	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
提标设计	300	40	150	10	180	10	30	5(8)*	40	15	5.0	0.5
2019 年 11 月	238.0	14.8	102.7	3.0	184.0	7.0	18.7	1.7	27.5	9.0	4.8	0.1
2019 年 12 月	222.0	15.0	88.8	3.2	177.0	6.0	19.3	1.7	26.5	10.1	3.9	0.1
2020 年 1 月	215.1	14.8	92.2	3.4	187.9	6.2	21.4	1.8	28.6	9.6	4.6	0.2
2020 年 2 月	218.4	15.6	86.9	3.2	177.7	6.2	20.2	1.6	25.2	10.9	2.8	0.3
2020 年 3 月	201.9	14.4	95.9	3.5	203.2	6.7	19.3	1.6	24.9	9.1	3.1	0.2
2020 年 4 月	206.3	14.5	92.9	3.0	189.0	6.4	20.7	1.8	24.3	9.8	2.6	0.2
2020 年 5 月	189.8	13.0	92.0	2.6	172.3	5.9	19.8	1.7	23.6	7.8	2.8	0.1
2020 年 6 月	187.9	11.1	91.6	2.6	172.1	6.4	20.4	1.2	24.5	6.6	2.5	0.2
2020 年 7 月	188.7	13.3	90.7	1.8	179.2	6.6	20.0	1.9	24.2	8.7	2.9	0.3
2020 年 8 月	174.5	12.9	84.6	2.0	172.6	6.9	19.1	1.2	22.9	7.7	2.4	0.2
2020 年 9 月	163.1	12.5	86.4	2.3	190.8	7.8	18.2	1.1	23.0	5.7	2.3	0.2
2020 年 10 月	165.1	12.5	89.2	1.8	149.5	6.5	19.5	0.7	24.1	6.7	2.5	0.1

注: * 括号外数值为水温 > 12 ℃ 时的控制指标,括号内数值为水温 ≤ 12 ℃ 时的控制指标。

5 经济技术分析

该项目工程总投资约为 7 487 万元,其中工程费为 6 285 万元、工程建设其他费为 623 万元、预备费为 276 万元、建设期贷款利息为 282.48 万元、铺底流动资金为 20 万元。该提标扩建工程增加的总运行成本为 1 633 万元/a,单位处理成本增加 0.20 元/m³。

6 结论

江门某污水处理厂提标改造工程对原有构筑物进行了最大化利用和保留,采用 AAO - MBBR + 滤布滤池 + 反硝化深床滤池的改造主体工艺,保证提标改造期间不削减处理水量。经扩容及提标改造后,全厂总处理规模由 20 × 10⁴ m³/d 增至 22 × 10⁴ m³/d,出水水质稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准和广东省《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001)第二时段一级标准的较严者,对用地条件受限的污水厂进行提标升级改造具有一定的参考价值。

参考文献:

[1] 李采芳,杨丹,王志刚. A/O + 高效沉淀 + 深床滤池用

于污水厂提标扩建[J]. 中国给水排水,2018,34(16): 88-92.

LI Caifang, YANG Dan, WANG Zhigang. Application of A/O, high efficiency sedimentation tank, denitrification deep-bed filter process in upgrading and expansion of WWTP[J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(16): 88-92 (in Chinese).

[2] 唐凯峰,王华,赵乐军. 悬浮填料 SBBR 在污水处理厂提标改造中的应用[J]. 中国给水排水,2018,34(12):90-94.

TANG Kaifeng, WANG Hua, ZHAO Lejun. Application of SBBR with filled suspended carrier in upgrading of a wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(12):90-94 (in Chinese).

作者简介:罗佳文(1991-),男,广东兴宁人,硕士,工程师,主要从事市政给排水处理及其配套管网系统、水环境整治等方面的研究与设计工作。

E-mail:504352670@qq.com

收稿日期:2019-03-24

修回日期:2021-01-12

(编辑:衣春敏)