

MBBR + SBR 工艺用于寒冷地区污水处理厂升级改造

梅小乐¹, 代博², 杨红¹, 王行梁¹, 于淑玉¹

(1. 内蒙古农业大学 水利与土木建筑工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010018; 2. 呼和浩特
首创春华水务有限责任公司, 内蒙古 呼和浩特 010018)

摘要: 内蒙古某污水处理厂升级改造工程中, 针对水厂脱氮效果差、出水 SS 和 TP 不稳定等问题, 在不新建反应池、不改变主体结构的情况下, 将原有的 CASS 反应池改造为 MBBR + SBR, 新建活性砂滤池, 强化化学除磷。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 标准稳定提升到一级 A 标准, 可为同类污水处理厂的升级改造提供借鉴。

关键词: 寒冷地区; 污水处理厂; 升级改造; MBBR; CASS

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)20-0092-04

Application of MBBR and SBR Process in WWTP Upgrading Project in Cold Region

MEI Xiao-le¹, DAI Bo², YANG Hong¹, WANG Xing-liang¹, YU Shu-yu¹

(1. Water Conservancy and Civil Engineering College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China; 2. Hohhot Capital Chunhua Water Co. Ltd., Hohhot 010018, China)

Abstract: The original cyclic activated sludge system (CASS) of a WWTP in Inner Mongolia was modified into MBBR and SBR without new land acquisition nor major structure changes of reactor, in order to achieve high efficiencies of nitrification and denitrification. Meanwhile, activated sandfilter was newly built to remove SS and chemical method was used to enhance TP removal. The effluent quality of upgrading project could achieve the first level A criteria specified in the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002), which could provide a good reference for similar wastewater treatment plant (WWTP) in cold region.

Key words: cold region; wastewater treatment plant; upgrading reconstruction; moving bed biofilm reactor; cyclic activated sludge system

1 工程背景

内蒙古某污水处理厂于 2008 年 12 月正式运行, 总处理规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 再生水规模为 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 设计排放标准为一级 B 标准, 主要处理城市生活污水, 厂区主体工艺为 CASS 工艺。该厂所处市境内除黄河外, 其他河流均为季节性河流, 对进入河道的污水基本无稀释能力。为营造宜居的生活

环境, 城市规划在哈拉沁沟、扎达盖河、小黑河、乌素图沟、大黑河等建设生态景观河道, 拟引入再生水作为主要的补充水源。因此, 该市环保部门要求“十二五”期间所有污水处理设施必须执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 A 标准。目前该污水处理厂已建有 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的深度处理设施, 本次升级改造仅需考虑污水处理达到

一级 A 标准。

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	BOD ₅	COD	SS	氨氮	TN	TP
原进水	150	350	180	25	30	4
原二级出水(景观)	20	100	20	20	—	1
原三级出水(电厂)	10	70	10	10	20	1
现进水	160	430	270	48	60	5.5
现出水	10	50	10	5(8)	15	0.5

mg · L⁻¹

2 存在的问题及改造方案

2.1 存在的问题

① 有机负荷高,生物脱氮效果差

原污水处理厂设计进水 COD 为 350 mg/L,实际运行进水 COD 为 170 ~ 450 mg/L,进水水质不稳定,且进水 COD 以高于 400 mg/L 为主。由于进水有机物浓度过高,使得原设计污泥负荷从 0.058 5 kgBOD₅/(kgMLSS · d) 提高至 0.085 8 kgBOD₅/(kgMLSS · d);曝气池污泥负荷过高,污水处理过程中异养菌的生长速率远远大于硝化细菌生长速率。因此,硝化细菌无法成为优势菌,硝化过程缓慢。升级改造前平均进水氨氮为 34.57 mg/L,高于设计值(25 mg/L),出水总氮中氨氮所占比例为 70% ~ 80%,出水氨氮高于一级 A 标准。另外,污水厂地处寒冷地区,低温对生物脱氮的影响较大。

② 出水悬浮物浓度不达标,出水总磷高于设计值

对于常规二级处理,SS 达到一级 A 排放标准的难度较大,必须增加深度处理设施。原污水处理厂实际运行中,出水总磷高于一级 A 标准,生物除磷不稳定,需强化生物除磷,同时辅以化学除磷。

③ 厂区周围无征地条件,用地受限。生物处理池改造难度大,由于原设计为 CASS 工艺,严重限制了对生物池改造方法的选择。

2.2 技术改造方案

① 工艺改造

结合该污水厂的实际情况,对原 CASS 反应池的池序进行调整,并增加 MBBR 工艺,将生物处理部分改造为 MBBR + SBR 组合工艺。在现有生物池中投加悬浮型填料,将 MBBR 工艺与 SBR 工艺相结合,在充分利用现况处理设施的前提下,提高生物量及处理能力,重点是脱氮能力;由于 MBBR 可实现在不增容的条件下对现有污水处理厂的升级改造,因此,其已成为目前城市污水处理厂升级改造的主要方法之一^[1-2]。为保证出水水质完全达到一级 A 排放标准,在 MBBR + SBR 组合工艺后设深度处理,进一步去除二级处理出水的 SS。生物池处理后水量为 2 × 10⁴ m³/d,增加活性砂滤池作为深度处理设施,其余再生水部分继续使用现况 3 × 10⁴ m³/d 深度处理设施。改造后的工艺流程见图 1。

② 调整工艺运行时序

原设计每周期进水曝气 2 h,沉淀 1 h,滗水 1 h。增加每个周期的反应时长,缩短沉淀时间至 40 min;增加反应时间 20 min,提高生物池处理效率;进水时采用 30 min 限制性曝气,有效提高反硝化的效果,提高 TN 的去除能力;冬季运行期间,该地区每年 11 月中旬至次年 3 月中旬,生物池平均水温 < 15 °C,污泥中微生物新陈代谢速度缓慢,分解作用降低,需调整运行时间,每周期增至 6 h 以上^[3]。

③ 增加选择区污泥浓度

加大内回流比,增加选择区污泥浓度,提高脱氮率。

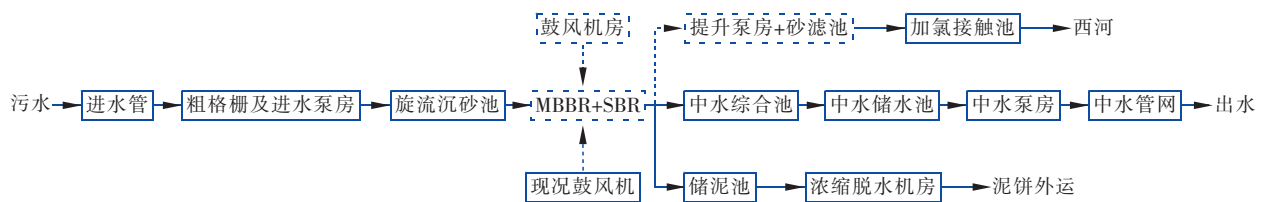


图 1 改造后的工艺流程

Fig. 1 Flow chart of sewage treatment process after upgrading

3 改造工程施工内容

① 曝气系统改造

MBBR + SBR 工艺需新建鼓风机房 1 座,用于放置新增 SBR 池鼓风机。改造后的生化池所需曝

气量为 $9\,903\text{ m}^3/\text{h}$, 选用3台鼓风机(2用1备), 单台 $Q = 85\text{ m}^3/\text{min}$, $P = 70\text{ kPa}$, $N = 130\text{ kW}$ 。

② 新建活性砂滤池及二次提升泵房

在生化池后新建活性砂滤池及二次提升泵房, 去除悬浮物及其他颗粒杂质。采用逆流过滤和单一均质滤料, 过滤与反冲洗同时进行, 24 h 连续自动运行, 无需停机反冲洗。

砂滤池总过滤面积为 144 m^2 , 砂床高为 $2\,000\text{ mm}$, 新增24套过滤设备、2台空气压缩机、1台冷缩机、1套精密过滤器、1台压缩空气储罐、1台搅拌器; 提升泵房新增3台二次提升泵(2用1备), 单台泵 $Q = 580\text{ m}^3/\text{h}$, $H = 50\text{ kPa}$, $N = 22\text{ kW}$ 。

③ 改造加药间

新增2台隔膜计量泵, 用于生物池的化学除磷药剂的投加。单台泵 $Q = 500\text{ L/h}$, $H = 300\text{ kPa}$ 。

④ 改造 CASS 池

对原 CASS 反应池池序进行调整, 并增加 MBBR 工艺, 将生物处理部分改造为 SBR + MBBR 组合工艺, 保证 COD、BOD₅、氨氮及 TN 在生物池内稳定达到一级 A 排放标准。新增潜水搅拌器 32 台, $N = 5.5\text{ kW}$; 回流泵 16 台, $Q = 152\text{ m}^3/\text{h}$, $H = 60\text{ kPa}$, $N = 11\text{ kW}$; 悬浮填料 $131\,413\text{ m}^2$ 。

4 改造后运行情况

改造后对氨氮和总氮的处理效果如图2所示。

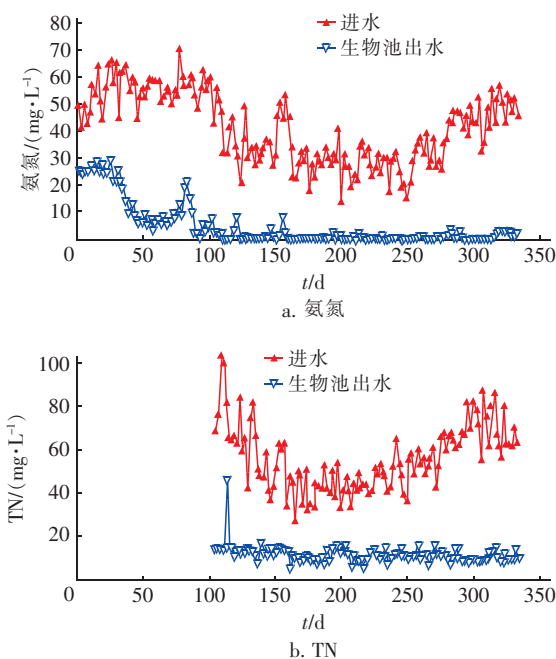


图2 对氨氮和总氮的处理效果

Fig. 2 Removal effect of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ and TN by MBBR + SBR

升级改造前, 进水氨氮为 $20.1 \sim 54.47\text{ mg/L}$, 去除率为 61.9% 。升级改造后的稳定运行期间, 进水氨氮均值为 41.07 mg/L , 生物池出水均值为 5.08 mg/L , 去除率均值为 87.61% , 出水可稳定达到一级 A 标准, 即使在进水水质变动很大的情况下, 出水氨氮依然可以稳定达标。结果表明, MBBR 工艺的应用提高了硝化负荷和抗冲击能力, 尤其是对温度的冲击。西北地区污水处理厂氨氮不达标, 主要集中在冬季水温 $< 12\text{ }^\circ\text{C}$ 时, 而利用悬浮填料固定并富集优势硝化细菌, 保证硝化细菌可以较好地持留在填料上, 进而强化了硝化性能^[4]。

在工艺改造后的初期调试阶段, 由于受外界因素(进水水质、气温)影响较大, 微生物生长缓慢, 悬浮填料挂膜困难, 尤其是反硝化菌总量与改造前工艺相比, 没有显著增加, 出水总氮不稳定。改造前进水总氮为 $20 \sim 60\text{ mg/L}$, 去除率 $< 65\%$ 。升级改造后的稳定运行期间, 进水总氮均值为 53.31 mg/L , 生物池出水总氮均值为 10.27 mg/L , 去除率均值为 81.62% , 出水总氮可稳定达到一级 A 标准。

系统进水 TP 均值为 6.48 mg/L , 生化段出水 TP 均值为 0.78 mg/L , TP 去除率均值为 87.9% (见图3)。因此, 必须结合深度处理的化学除磷, 才能保障出水 $\text{TP} < 0.5\text{ mg/L}$, 达到一级 A 标准。

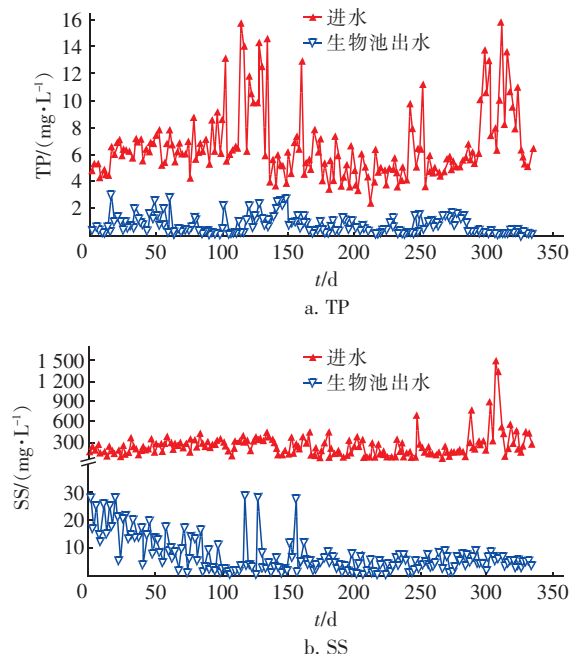


图3 对 TP 和 SS 的处理效果

Fig. 3 Removal effect of TP and SS by MBBR + SBR

稳定运行期间进水 SS 均值为 227.45 mg/L , 生

物池出水SS均值为7.65 mg/L(见图3),去除率均值为96.79%,出水SS可稳定达到一级A标准。

对BOD₅和COD的处理效果见图4。稳定运行期间,进水BOD₅均值为163.24 mg/L,生物池出水BOD₅均值为7.56 mg/L,去除率均值为95.37%,可稳定达到一级A标准。稳定运行期间,进水COD均值为392.54 mg/L,生物池出水COD均值为31.19 mg/L,去除率均值为92.05%,出水COD可稳定达到一级A标准。

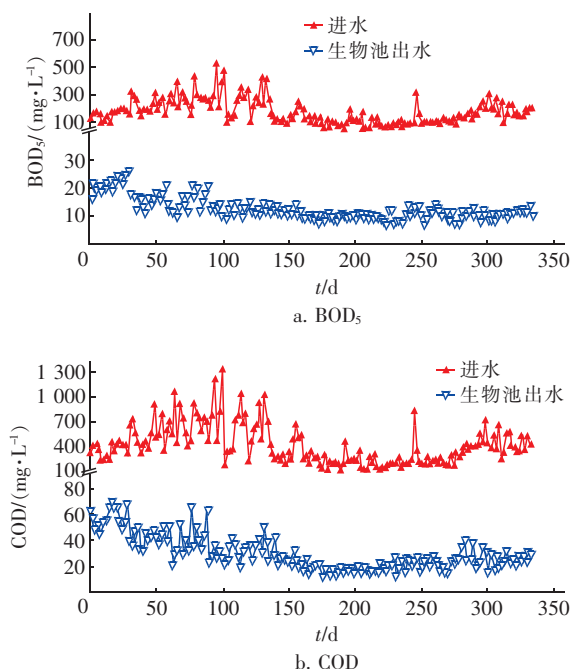


图4 对BOD₅和COD的处理效果

Fig. 4 Removal effect of BOD₅ and COD by MBBR+SBR

5 技术经济分析

该升级改造工程投资概算为9 079万元,计算得生产总成本为2 760~3 000万元/a,经营成本为1 720~2 000万元/a。单位水处理总成本为2.60~2.84元/m³,单位水处理经营成本为1.62~1.89元/m³。

6 结语

此次改造在充分利用污水处理厂现有处理设备、不改变主体结构的前提下,对现有的生化池进行改造,改造后系统运行稳定,冬季通过调节运行周期,出水水质仍稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准。该项目具有很好的示范作用,可为地处寒冷地区类似污水厂的升级改造项目提供參考。

参考文献:

- [1] 韩萍,许斌,宋美芹,等. 团岛污水厂MBBR工艺的升级改造及运行效果[J]. 中国给水排水,2014,30(12):110-114.
Han Ping, Xu Bin, Song Meiqin, et al. Design features and operational effect of Tuandao WWTP upgrading by MBBR in Qingdao [J]. China Water & Wastewater, 2014,30(12):110-114(in Chinese).
- [2] 路晖,辛涛,吴迪,等. MBBR工艺在污水处理厂提量增效中的应用[J]. 中国给水排水,2019,35(4):100-105.
Lu Hui, Xin Tao, Wu Di, et al. Application of MBBR in increasing capacity and improving efficiency of a wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2019,35(4):100-105(in Chinese).
- [3] 吴迪,李闯修. 北方某污水处理厂Bardenpho-MBBR改造运行分析[J]. 中国给水排水,2018,34(9):106-110,115.
Wu Di, Li Chuangxiu. Operation analysis of Bardenpho-MBBR upgrading and retrofitting in a northern wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2018,34(9):106-110,115(in Chinese).
- [4] 吴迪,周家中,郑志佳,等. MBBR用于山西某污水厂提标改造效果分析[J]. 中国给水排水,2018,34(15):6-11.
Wu Di, Zhou Jiazhong, Zheng Zhijia, et al. Application of MBBR process to upgrading and reconstruction of WWTP in Shanxi Province [J]. China Water & Wastewater, 2018,34(15):6-11(in Chinese).



作者简介:梅小乐(1980—),男,山西山阴人,硕士,高级工程师,主要从事污水处理方面的教学和技术服务工作。

E-mail:yushuyu@imau.edu.cn

收稿日期:2019-04-09