

悬浮链式曝气生物池改造为 MBBR 池的工程实例

徐晓波¹, 任志亮², 张宏伟³, 林 蔓³

(1. 烟台市城市排水管理处, 山东 烟台 264000; 2. 天津市滨海水业集团有限公司, 天津 300385; 3. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381)

摘 要: 近年来, MBBR 工艺在污水厂提标改造工程中有较多运用。辽宁省朝阳市净源污水厂中水回用工程将悬浮链式曝气生物池改造为 MBBR 池, 有效提高了氨氮和 TN 去除率, 使得出水水质由一级 B 标准提高至一级 A 标准。归纳总结了该生物池改造的设计参数及要点, 可供相关工程参考。

关键词: 中水回用; MBBR; 生物池改造; 设计参数

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)10-0094-03

A Project Case of Upgrading Suspended Chain Aeration Tank to MBBR Tank

XU Xiao-bo¹, REN Zhi-liang², ZHANG Hong-wei³, LIN Man³

(1. Yantai Urban Drainage Administration Department, Yantai 264000, China; 2. Tianjin Binhai Water Group Co. Ltd., Tianjin 300385, China; 3. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China)

Abstract: In recent years, MBBR process has been widely applied in upgrading projects of wastewater treatment plant. In the Jingyuan wastewater recycling and reuse project in Chaoyang City, Liaoning Province, the suspended chain aeration tank was changed to MBBR tank in order to promote the effluent water quality. As a result, the ammonia nitrogen and TN removal efficiency have been improved greatly, and the effluent quality was enhanced from class B to class A of the first level. The design parameters and key points were discussed in detail, which could be used as reference for other similar projects.

Key words: wastewater recycling and reuse; MBBR; upgrading of aeration tank; design parameters

1 工程概况

朝阳净源污水处理厂设计规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用悬浮链式曝气 (Biolak) 工艺, 自 2008 年 11 月正式投入运行, 出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 B 标准。

2012 年该厂启动中水回用工程, 设计进、出水水质见表 1。进水为朝阳净源污水处理厂的出水, 即进水水质以一级 B 标准为基准, 回用工程出水水质为一级 A 标准。

表 1 中水回用工程设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

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

项 目	BOD ₅	COD	SS	NH ₃ -N	TN	TP
设计进水	20	60	20	15	20	1
设计出水	10	50	10	5(8)	15	0.5

注: TN 为月平均值。

2 MBBR 工艺介绍

MBBR 工艺基于生物膜法的基本原理, 通过向生物池中投加一定数量的悬浮载体, 提高池内生物

量及生物种类,从而提高处理效率。

MBBR 工艺的关键在于研究开发了密度接近于水,轻微搅拌下易于随水自由运动的生物填料,可依靠曝气池内的曝气和水流的提升作用使载体处于流化状态,进而形成悬浮生长的活性污泥和附着生长的生物膜。它具有结构紧凑、填料数量较少、污泥沉降性能好的优点,并具有一定的生物筛选作用。可在较小的池容下达到去除有机物和总氮的目的,当现有活性污泥系统需要升级改造以增加脱氮或者去除有机物能力时,不失为一个经济适用的方案。

该工艺在青岛李村河污水处理厂和无锡芦村污水处理厂的升级改造工程均得到运用并取得了良好效果^[1~5]。

3 技术分析及改造措施

MBBR 工艺的设计因素包括填料类型、曝气系统、溶解氧浓度以及反应器的形状和水力条件等。污水处理工艺中的生化指标只能通过改善生物处理过程来实现。改造前先对朝阳净源污水厂进、出水的 COD、BOD₅、NH₃-N、TN、TP 等主要生化指标逐一分析。

3.1 COD 和 BOD₅

污水厂运行数据表明,悬浮链式生物池基本可以保证出水 COD 和 BOD₅ 达到一级 A 标准。偶尔在进水浓度较高时,才会出现出水 COD 和 BOD₅ 指标稍高于一级 A 标准,因此在设计中这两个水质指标不作为主要限定因素。改造成 MBBR 池之后,除去悬浮的活性污泥,填料中增加的生物膜菌体脱碳作用必将进一步提高 COD 和 BOD₅ 的去除率,确保出水 COD 和 BOD₅ 达到一级 A 标准。

3.2 NH₃-N 和 TN

目前污水厂出水 COD 基本可保持在 50 mg/L 以内,能达到一级 A 的排放标准,说明现有生物池的生物量可以满足脱碳处理的需求。但是出水 NH₃-N 距离一级 A 标准(5 mg/L)的要求还有一定的差距,说明现有好氧池的生物量只能满足脱碳的良好去除,而不能有充足的生物量来完成针对 NH₃-N 的充分硝化过程。因此,需要提高现有生物池的生物量,以弥补硝化过程的需求。按照常规考虑,若生物池内硝化过程不充分,那么反硝化过程根本无从谈起;另外进水 BOD₅/TN 值在 3.6 左右,可见反硝化过程所需的碳源稍显不足,如此也制约了反硝化的进程,造成总氮不能稳定达标。

该污水厂目前出水 NH₃-N 值虽然不能稳定达到一级 A 标准,但基本稳定在一级 B 标准的范围内。因 TN 数据较少,故很难全面判断改造前的生化系统对总氮的去除效果。生物池对氨氮的处理效果较好,但在碳源较低的情况下除磷脱氮效果不佳。原有的悬浮链式曝气池没有设置专门的缺氧区,也未设置混合液内回流,仅在好氧池内通过曝气链的开关、曝气量大小及曝气链的摆动来形成时间和空间上的缺氧段,实现多级 A/O 的工况。

改造拟增设混合液内回流系统,将富含硝酸盐的混合液用潜污泵由好氧池末端回流至缺氧池,在缺氧池进行反硝化反应。

综上,对于出水 NH₃-N 和 TN 指标的改善拟通过以下措施实现:首先,生物段进水方式改为下进水,一方面可对底部污泥产生一定的扰动作用,另一方面可延长污水在此区域的停留时间,不会产生短流。第二,对现有的好氧池进行调整,将部分池容改为缺氧区或微溶氧区,通过降低该区域的曝气量来实现缺氧或微溶氧的环境。增设搅拌器并利用现有曝气链进行搅拌,防止污泥沉降,将好氧池末端的硝化液回流至缺氧段,使 NO₃⁻-N 在缺氧池内完成反硝化过程,转化成 N₂(保证 TN 达标),从而实现脱氮的目的。第三,好氧池的改造应充分挖掘剩余池容的潜力,增加悬浮填料,提高其处理能力,在进一步强化碳污染物处理效果的同时,对 NH₃-N 进行完全硝化(保证 NH₃-N 达标),为下一步的脱氮做好准备。

3.3 TP

提高生化池内的生物量,对总磷的去除有一定的促进作用,但是仅仅依靠生物处理,很难保证出水 TP 达到一级 A 排放标准,故除磷的最终保证要靠后续的辅助化学除磷。由于实际池体结构的限制以及回流污泥中硝态氮的影响,冬季低水温时无法对二沉池的出水总磷达标做出保证。根据多年的运行经验,冬季时二沉池出水总磷在 2 mg/L 左右。此时可通过混凝沉淀池的化学除磷功能来保证最终出水总磷 < 0.5 mg/L。

4 工艺设计

设计中将原有厌氧区作为厌氧区和缺氧区混合区域。在后面好氧区前端增设搅拌器,减少或关闭曝气量,作为缺氧段。按上述措施,改造后 MBBR 生物池设计参数如下:醋酸钠投加量为 60 mg/L,污

泥回流比为70%,厌氧池容积为5 500 m³,缺氧池容积为34 933 m³,好氧池容积为54 695 m³,MLSS为4 000 mg/L,内回流比为300%,产泥量为15 439 kg/d。

MBBR池共4组,单组尺寸: $L \times B \times H = 73 \text{ m} \times 62 \text{ m} \times 4.5 \text{ m}$ 。设潜水搅拌机8套,规格:5 kW。设混合液回流泵14台(12用2冷备),规格: $Q = 1\,050 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 40 \text{ kPa}$, $P = 18.5 \text{ kW}$ 。悬浮生物填料: $\phi 25 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$,有效比表面积 $> 500 \text{ m}^2/\text{m}^3$,共1 600 m³。单组改造示意图见图1。

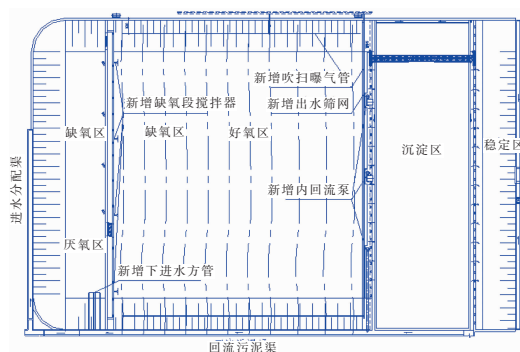


图1 生物池改造示意图

Fig. 1 Reform sketch of aeration tank

5 运行效果

改造工程运行两年以来,出水氨氮和总氮的含量都能达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准,即使在冬季温度较低时,也可以稳定达标。具体数据见表2。

表2 MBBR池进、出水水质

Tab. 2 The influent and effluent quality of MBBR

mg · L⁻¹

日期	进水		出水	
	氨氮	TN	氨氮	TN
2013年2月	11.10	39.00	1.60	14.00
2013年4月	14.71	39.43	3.80	15.24
2013年6月	20.14	39.76	4.46	12.70
2013年8月	17.54	31.30	4.77	14.00
2013年10月	21.90	33.56	6.20	13.00
2013年12月	17.30	36.50	4.60	16.30
2014年2月	14.50	51.70	1.60	14.10
2014年4月	16.53	38.50	4.20	14.30
2014年6月	25.98	47.80	3.10	11.40
2014年8月	16.97	40.90	3.46	13.70
2014年10月	21.40	39.70	4.00	13.02

6 结语

朝阳净源污水处理厂中水回用工程在国内首次将悬挂链式曝气生物反应池(Biolak工艺)改造成MBBR池,运行结果表明改造工艺可实现良好脱氮效果,保证各项出水水质达标,对国内污水处理厂升级改造工程有较强的示范性,也为今后悬挂链式曝气生物反应池进一步提级改造挖潜提供了一个成功案例。

参考文献:

- [1] 孙逊,谢新各,焦文海,等. MBBR工艺强化污水脱氮除磷中试[J]. 中国给水排水,2010,26(21):152-156.
- [2] 段存礼,顾瑞环,程俊涛,等. 青岛李村河污水厂升级改造工程设计与运行[J]. 中国给水排水,2011,27(12):66-70.
- [3] 王翥田,叶亮,张新彦,等. MBBR工艺用于无锡芦村污水处理厂的升级改造[J]. 中国给水排水,2010,26(2):71-73.
- [4] 孟涛,刘杰,杨超,等. MBBR工艺用于青岛李村河污水处理厂升级改造[J]. 中国给水排水,2013,29(2):59-61.
- [5] 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.



作者简介:徐晓波(1970—),男,山东烟台人,硕士,高级工程师,现任烟台市城市排水管理处处长、党委副书记,主要从事排水工程管理工作。

E-mail: xuxiaobo1970@sina.com

收稿日期:2016-10-10