

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.10.010

北湖污水厂改良A²/O膜生物池混合液回流系统优化

孙 巍

(中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430014)

摘 要: 北湖污水处理厂有 40×10^4 m³/d规模的污水采用高浓度改良A²/O生物池+MBR组合工艺处理。为充分发挥其污泥浓度高、节省占地、出水水质好、自动化程度高的优点,消除其受混合液回流方式限制引发回流条件不好而导致生物脱氮除磷效果差的弊端,该工程提出一种混合液回流系统的优化设计方案,即采用改良A²/O生物池混合液导流/分流装置。该装置由分流导流板系统、混合液导入系统及混合液导出系统组成,通过对导入及导出点所在的同一平面位置进行竖向分隔,形成两个相对独立的空间,在不同高度空间内实现不同分区之间的混合液导入与导出,从而构建出高效的混合液回流系统。该解决方案构思巧妙,简单易行,可广泛应用于各种具有推流结构形式、同步脱氮除磷及多级回流需求的生物池中,例如UCT工艺、VIP工艺、A²/O及其各种变形工艺。该装置可节约能耗,提高生物脱氮除磷效果,北湖污水厂混合液回流能耗为0.001 7 kW·h/m³,节能50%~85%,平均脱氮率为73%,最高达93%。

关键词: A²/O生物池; 膜-生物反应器; 高浓度混合液回流; 分流导流板; 强化生物脱氮除磷

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2022)10-0070-04

Optimization of Mixed Liquid Reflux System in Modified A²/O Membrane Bioreactor of Beihu Wastewater Treatment Plant

SUN Wei

(Central & Southern China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Wuhan 430014, China)

Abstract: A combined process consisting of high concentration modified A²/O biological tank and MBR is applied for the treatment of 40×10^4 m³/d wastewater in Beihu wastewater treatment plant. In this project, an optimal design scheme of the mixed liquid reflux system, namely a modified A²/O biological tank mixed liquid diversion/distribution device, was proposed to make full use of its advantages of high sludge concentration, small footprint area, good effluent quality and high degree of automation, and eliminate the disadvantages of poor biological nitrogen and phosphorus removal caused by the limitation of bad mixed liquid reflux conditions. The device consisted of a diversion/distribution plate system, a mixed liquid introduction system and a mixed liquid discharge system. By vertical separation of the introduction and discharge points in the same plane position, two relatively independent spaces were formed, and the introduction and discharge of the mixed liquid between different zones were realized in different height spaces, so as to build an efficient mixed liquid reflux system. The solution is ingenious and simple, and can be widely used in various biological tanks with plug-flow structure, simultaneous nitrogen and phosphorus removal and multi-stage reflux requirements, such as UCT process, VIP process,

A²/O and its various deformation processes. The device can save energy consumption and improve the effect of biological nitrogen and phosphorus removal. The energy consumption of mixed liquid reflux in Beihu wastewater treatment plant is 0.001 7 kW·h/m³, which saves 50%–85% energy. The average denitrification rate was 73%, and the highest denitrification rate was 93%.

Key words: A²/O biological tank; membrane bioreactor; high concentration mixed liquid reflux; diversion/distribution plate; enhanced biological nitrogen and phosphorus removal

1 工程背景

北湖污水处理厂位于湖北省武汉市青山区,近期建设规模80×10⁴ m³/d,其中40×10⁴ m³/d采用高浓度改良A²/O生物池+MBR组合工艺,具体位置见图1。



图1 北湖污水处理厂鸟瞰图

Fig.1 Aerial view of Beihu wastewater treatment plant

MBR即膜生物反应器,是一种将膜分离技术与传统活性污泥生物处理工艺有机结合的新型高效污水处理工艺。该工艺以膜组件取代传统生物处理工艺末端的二次沉淀池,膜生物反应器系统内活性污泥浓度可达8 000~12 000 mg/L;具有污泥浓度高、强化生物处理、出水水质好、节省占地、模块化、自动化、易于改造等诸多优点^[1-2]。目前,改良A²/O+MBR组合工艺是运用MBR的主流工艺。MBR可以提供浓度较高的污泥混合液回流至生物池好氧区,与其组合的A²/O生物池中活性污泥浓度可达5 000~6 000 mg/L;高浓度的改良A²/O生物池同时可以补充MBR的除碳、脱氮、除磷能力。北湖污水处理厂也因其可以提供优质的出水进行中水回用,从而提高水资源利用率而采用此工艺。

2 问题提出

高浓度混合液的回流是高浓度改良A²/O+MBR工艺的核心之一,目前多采用穿墙回流泵进行逐级(MBR→好氧区、好氧区→缺氧区、缺氧区→厌氧

区)向前回流。

北湖污水处理厂单组高浓度改良A²/O生物池平面布置见图2,单组规模10×10⁴ m³/d,共4组。混合液回流方式采用三级逐级向前回流,分别是:① MBR→好氧区,②好氧区→缺氧区,③缺氧区→选择区,但②与③的最佳回流位置在平面上发生了冲突,这也是本工程混合液回流系统优化设计的原生需求。

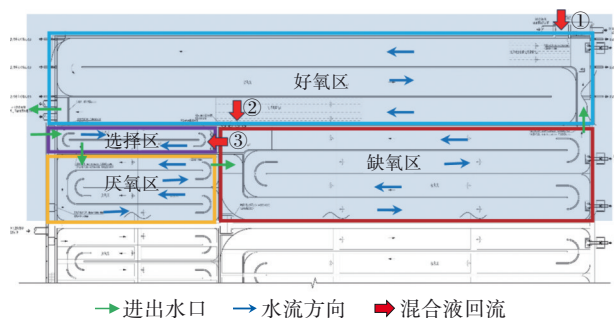


图2 高浓度改良A²/O生物池单组平面布置

Fig.2 Single group layout of high concentration modified A²/O biological tank

如不解决此问题会导致生物池处理效果受限^[3-5],主要表现在:

① 缺氧区:在近好氧区首端处回流至缺氧区的混合液因硝化不彻底、溶解氧含量高,抑制反硝化速率,会导致生物脱氮效果差。

② 厌氧区:在缺氧区首端含有较高浓度硝态氮的回流混合液进入厌氧区可抑制聚磷菌磷的有效释放,从而影响生物除磷效果。

为此,亟需找到解决方案对混合液回流系统进行优化设计,以提高改良A²/O+MBR组合工艺的处理效果。

3 解决方案

为解决传统回流的技术缺陷,设计中对同一平面位置进行竖向分隔,形成两个相对独立的空间,在不同高度空间内实现各自所需的混合液导入与

导出,从而构建出高效的混合液回流系统,与此同时也需要巧妙的生物池平面布置进行助力,以提供高效混合液回流系统实施的可能。

3.1 工艺设计

混合液回流优化设计的解决方案即“改良 A^2/O 生物池混合液导流/分流装置”,具体如图3所示,包括分流导流板系统、混合液导入系统、混合液导出系统。

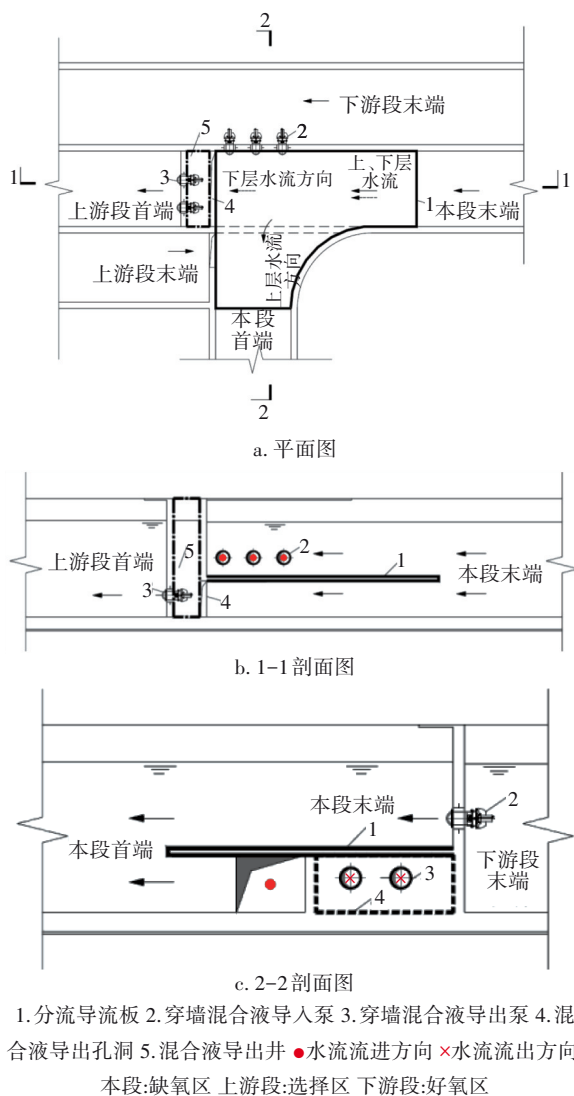


图3 改良 A^2/O 生物池混合液导流/分流装置

Fig.3 Modified A^2/O biological tank mixed liquid diversion/distribution device

3.2 实施方式

分流导流板系统主要包括分流导流板。通过分流导流板将本段处理区域纵向分隔为上下两层,从而将混合液导入与混合液导出在同一平面位置

实现空间上的有效分开(导入混合液进入分流导流板上方的通道,导出混合液从分流导流板下方通道流出),并可通过设计分流导流板的形状将混合液导流至所需区域。

混合液导入系统主要包括穿墙混合液导入泵。来自本处理区域后段的混合液通过穿墙混合液导入泵进入,按照分流导流板设计的流道方向前进,进入设计最优导入点。

混合液导出系统包括穿墙混合液导出泵、混合液导出孔洞、混合液导出井。向本段处理区域上游回流的混合液通过位于分流导流板下方的混合液导出孔洞,进入混合液导出井,再通过穿墙混合液导出泵将本段最优位置的混合液回流至上游段。

4 运行效果及工程意义

改良 A^2/O 生物池混合液导流/分流装置在北湖污水厂应用效果良好。该装置可以实现来自后段的混合液导入及向前段混合液导出的高效位置,具体工程意义如下:

① 可提高好氧区处理效率并增加其抗冲击负荷能力。通过提高好氧区的污泥浓度及空间使用效率,有效降低污泥负荷及容积负荷,具有更高的处理效率、抗冲击负荷能力。

② 提高缺氧区反硝化速率,生物脱氮效果好。一方面可以提供使硝化反应进行较为彻底的高效混合液,另一方面可以提供完整的反硝化池容,确保反硝化的有效反应时间,两个维度的优化可有效改善生物脱氮效果。应用于北湖污水处理厂,平均脱氮率为73%,最高脱氮率达93%,单日出水总氮最低可达 2.1 mg/L ,无需额外投加碳源。

③ 提高厌氧区释放磷的效率,进而获得较好的生物除磷效果。将缺氧区末端的混合液回流至厌氧区首段,一是回流混合液反硝化反应进行得比较完全,含有的硝态氮、亚硝态氮浓度低,对厌氧释放磷的制约作用小,可保证厌氧释磷的效果;二是可提供完整适合的厌氧反应时长,双重改善提高了生物除磷的效果。

④ 节约能耗,使用灵活,不受池型限制。北湖污水处理厂混合液回流能耗为 $0.0017 \text{ kW} \cdot \text{h/m}^3$,比常规解决方案节能50%~85%。本装置实施方式简便快捷,为受制于用地、池型布置等客观条件无法回避的问题提供新的解决方案。

5 结论

北湖污水处理厂通过对改良A²/O+MBR工艺的混合液回流系统进行优化设计,采用改良A²/O生物池混合液导流/分流装置解决了因混合液回流低效而导致的生物脱氮除磷效果差的问题。此解决方案构思巧妙,简单易行,可广泛应用于各种具有推流结构形式、同步脱氮除磷及多级回流需求的生物池中,例如UCT工艺、VIP工艺、A²/O及其各种变形工艺,对同样需求的其他生物池设计具有参考价值。

参考文献:

- [1] 王振宇. A²O-MBR联用工艺处理城市污水的运行及出水水质特性研究[D]. 西安:西安建筑科技大学, 2011.
- WANG Zhenyu. Study on the Effluent Characteristics and Working of Domestic Wastewater Treatment by Using A²O-MBR [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2011(in Chinese).
- [2] 张健. A/O-MBR+O₃溶胞组合工艺污泥减量及强化脱氮效能与机制研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2018.
- ZHANG Jian. Research on Performance and Mechanism of A/O-MBR+O₃ Lysis Combined System for Sludge Reduction and Enhanced Nitrogen Removal [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2018 (in Chinese).
- [3] 李家驹,孙永利,秦松岩,等. 内回流混合液DO对缺氧池反硝化影响预测模型研究[J]. 中国给水排水,

2016,32(21):119-121.

LI Jiaju, SUN Yongli, QIN Songyan, *et al.* Forecast model for impact of dissolved oxygen in internal reflux mixture on denitrification in anoxic tank [J]. China Water & Wastewater, 2016, 32 (21) : 119-121 (in Chinese).

- [4] 冉治霖,田文德,相会强. 一种改良型A²/O工艺脱氮除磷的影响因素研究[J]. 环境工程, 2018, 36(6): 63-67.

RAN Zhilin, TIAN Wende, XIANG Huiqiang. Research on influence factors of nitrogen and phosphorus removal in bi-bio-selective simultaneous phosphorus and nitrogen (BBSPN) process [J]. Environmental Engineering, 2018, 36(6): 63-67(in Chinese).

- [5] SUN F Q, SUN B, HU J, *et al.* Organics and nitrogen removal from textile auxiliaries wastewater with A²/O-MBR in a pilot-scale[J]. Journal of Hazardous Materials, 2015, 286: 416-424.

作者简介:孙巍(1985-),女,黑龙江绥化人,硕士,高级工程师,主要研究方向为污水处理及水环境治理,已取得7个实用新型专利,参编标准1项,曾获全国优秀工程勘察设计行业奖二等奖1项、行业优秀勘察设计三等奖1项、湖北省勘察设计行业优秀市政工程设计一等奖1项、湖北省优秀勘察设计工程设计三等奖1项、武汉地区优秀勘察设计项目市政公用工程二等奖和三等奖各1项。

E-mail:2678592020@qq.com

收稿日期:2021-04-19

修回日期:2021-12-30

(编辑:孔红春)

依法划定河湖管理范围

严格水域岸线水生态空间管控