A^2/O—MBR 污水处理系统运行特性研究

王振宇　王晓昌　金鹏康　王　旭

(西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 西安　710055)

摘要　北方某城市污水处理厂采用 A^2/O—MBR 组合工艺, 对污水处理厂半年内的实际运行数据进行分析, 研究了主要运行参数对工艺的影响以及组合工艺对各种污染物的去除效果, 可得系统出水 COD_{Cr}、NH_3—N、TP 分别为 30 mg/L、1 mg/L、0.37 mg/L, 去除率分别为 90%、94%、91%, 出水水质达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)要求, 系统运行稳定, 并具有较强的耐冲击负荷能力。

关键词　污水处理厂　A^2/O　MBR　生物脱氮除磷　再生水

Study on operation characteristics of A^2/O-MBR wastewater treatment system

Wang Zhenyu, Wang Xiaochang, Jin Pengkang, Wang Xu

(School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: A municipal wastewater treatment plant in north China employed A^2/O-MBR process. Based on the analysis of practical operation data in half year, the effects on process from main operation parameters and the effects on pollutant removal from combination process were studied. The results showed: the COD_{Cr}, NH_3- N, and TP in effluent were 30 mg/L, 1 mg/L and 0.37 mg/L, the removal rates were 90%, 94% and 91% respectively, and the effluent quality could meet *The reuse of urban recycling water-Water quality standard for urban miscellaneous water consumption* (GB/T 18920—2002). The whole system was stable and has strong resist impact load capability.

Keywords: Wastewater treatment plant; A^2/O; MBR; Biological nitrogen and phosphorus removal; Reclaimed water

0　前言

近年来, 由于水质污染的严重加剧和用水量的日益增长, 水资源的短缺成为人们关注的焦点。然而我国西北部为全国水资源最为匮乏的地区, 气候寒冷且降水量少, 用水往往供不应求, 合理地配置水资源以及大力发展污水再生利用技术无疑成为社会各界呼吁解决水资源匮乏的重要途径之一[1]。

传统活性污泥法一直以来作为城市污水处理的主要方法, 应用于各种规模的污水处理工程, 但也有着局限性和诸多问题, 难以满足同时脱氮除磷的效果, 出水水质不稳定, 占地面积大, 工艺流程复杂。膜生物反应器(MBR)将生物处理部分与膜分离有机地结合, 代替二沉池进行固液分离, 不仅可以有效地将二沉池无法截留的大分子阻隔于生物池中, 从而提高悬浮物的去除率, 并且可以通过曝气提升硝化效率。同时减少了占地面积, 简化工艺流程, 降低了操作的复杂性。由此, 将 A^2/O 与 MBR 相结合的工艺, 具有出水水质好, 占地面积小, 剩余污泥产量低, 抗冲击负荷能力强, 方便操作管理等优点。

国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07317-004); 国家自然科学基金重大国际合作项目(51021140002)。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

本文结合北方城市某污水处理厂，对 A^2/O 与 MBR 组合工艺的出水水质及该工艺进行污水回用的可行性进行研究[2]。

1 工艺进、出水水质及流程

1.1 水质

污水处理厂地处黄土高原丘陵沟壑地带，自然条件恶劣，降雨量少但蒸发量大，冬季时间较长，最低气温可达- 20 ℃。污水处理厂的处理对象主要是生活污水。原水水质及要求出水水质见表 1。

表 1 原水水质及要求出水水质

类别	SS/mg/L	COD_{Cr}/mg/L	NH_3—N/mg/L	TP/mg/L
原水	100~ 150	200~ 400	30~ 50	3~ 6
出水	< 5	< 50	< 5	< 1

1.2 工艺流程

根据原水水质并结合污水处理厂用地紧张的情况，设计选用 A^2/O 与 MBR 结合的工艺，工艺流程见图 1。

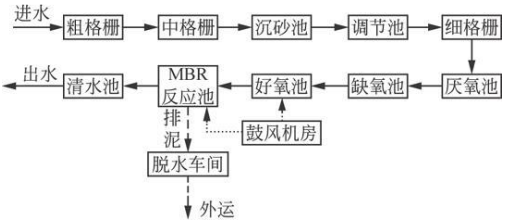

图 1 污水处理厂工艺流程

原水首先经过粗格栅、中格栅去除较大漂浮物，再经过沉砂池、调节池，提升至细格栅后进入生物处理段，通过 A^2/O 与 MBR 获得较好的出水水质。由于冬季温度较低，水温低于 8 ℃，严重影响微生物的生长及其处理能力，故将生物池与 MBR 反应池建在室内。一期工程处理量为 2 500 m^3/d。

生化反应系统流程见图 2。

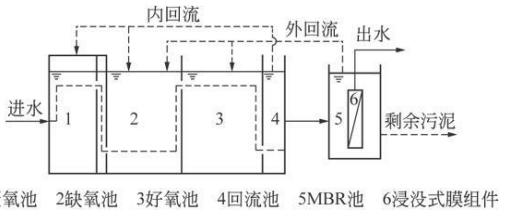

图 2 A^2/O—MBR 生化反应系统流程

1.3 工艺参数

1.3.1 A^2/O 系统设计参数

为节省用地，A^2/O 系统采用大水深，有效深度为 10.5 m。根据原水氮的浓度，好氧池至缺氧池污泥内回流比在 100%~ 200% 范围内调节。根据磷的浓度，好氧池至厌氧池回流比为 50%~ 100%。缺氧池溶解氧控制在 1 mg/L 以下，好氧池溶解氧控制在 2~ 3 mg/L。缺氧池和好氧池 HRT 均为 3~ 4 h。

1.3.2 MBR 系统运行参数

膜池包括抽吸系统、鼓风系统、清洗系统，膜组件采用日本某公司提供的中空纤维式聚偏氟乙烯(PVDF)微滤膜，膜公称孔径 0.1 μm，有效膜面积 25 m^2，最大透膜压力 300 kPa，每个膜池中有 5 组膜，每组 12 个，共 240 个。每运行 9 min 进行一次反冲洗，当 TMP(跨膜压差)大于 45 kPa 时进行 EFM(在线化学清洗)，每半年进行一次 CIP(离线清洗)。膜池总回流比为 200%~ 300%。

2 影响系统运行的指标分析

选取污水处理厂运行开始后半年为一个周期的运行数据进行分析，影响该系统正常运行的两个重要指标分别是污泥浓度(MLSS)与跨膜压差(TMP)。

2.1 MLSS 的变化

好氧池与 MBR 池中 MLSS 的变化如图 3 所示。

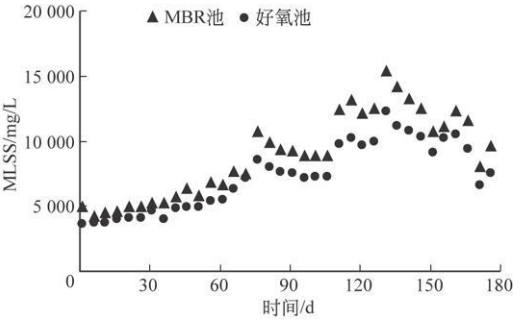

图 3 好氧池与 MBR 池中污泥浓度的变化

由图 3 可以看出，好氧池与膜池污泥浓度同步变化但始终低于膜池，在为期半年的运行周期中，污泥浓度的变化可分为四个阶段。第一阶段，匀速增长期，为了保证膜池中有较高的污泥浓度，通过控制排泥量使污泥浓度稳步增加，经过两个多月的稳定运行后，MLSS 达到 10 000 mg/L 左右；第二阶段，稳定期，当膜池的污泥浓度达到要求数值时，即进入相对稳定的一段时期；第三阶段，快速增长期，减小排泥量，使污泥浓度快速增长达到较高数值；第四阶段，衰退期，降低污泥浓度至一定数值。

2.2 TMP 的变化

图 4 为 TMP 随时间的变化情况。由图 4 可以看

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

出, 随着运行时间的增长, TMP 逐渐升高。运行初期, TMP 在最初的 1 个多月增加较快, 随着通量的不断提高, TMP 因为膜的截留吸附作用也快速上升; 此后, TMP 稳定在 40~ 50 kPa, 这一阶段, 通量会明显降低, 原因是膜的综合污染, 膜的堵塞是造成通量降低的主要因素。在水温低的情况下, 由于低温加剧了膜的污染, 为了保证通量趋于相对稳定的状态, TMP 再一次逐渐升高; 然而, 当运行 5 个月后, 在温度逐渐回升的情况下, TMP 并没有降低, 而是超过了预设的最大值(60 kPa) , 急剧增加到 80 kPa, 表明膜污染已经非常严重, 需要立即进行离线化学清洗[3]。

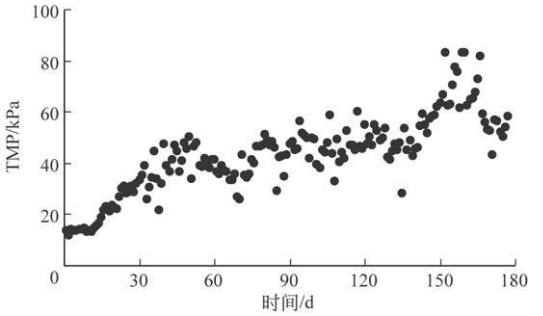

图 4 TMP 随时间的变化

3 组合工艺对污染物的去除效果分析

3.1 COD_{Cr} 的去除

图 5 显示了运行期间 COD_{Cr} 的去除情况, 可以看出, COD_{Cr} 在前两个月偶有超过 50mg/L, 之后, 不论进水 COD_{Cr} 如何波动, 出水 COD_{Cr} 始终保持较低浓度, 且随着运行时间呈逐渐降低的趋势。说明 A^2/O—MBR 工艺对有机物始终保持着很高的去除效果, 且不受进水水质和工况变化影响。可见, 膜分离对 COD_{Cr} 去除贡献明显。由于污水处理厂处于黄土高原地带且用水条件较差, 原水水质受人为因素波动较大, 相对于传统活性污泥法而言, 该处理工艺摒弃了前者抗冲击负荷能力小的缺点, 拥有稳定的出水。MBR 处理单元代替传统二沉池具有高效的截留作用, 使部分 COD_{Cr} 随活性污泥截留于系统内, 进一步提高了 A^2/O—MBR 对 COD_{Cr} 的去除率[4]。

3.2 NH_3—N 的去除

传统活性污泥法污泥龄较短, 对于寒冷地区, 微生物难以培养, 很难保证出水达标。然而 A^2/O—MBR 结合的工艺拥有剩余污泥量低的优点, 泥龄长, 利于世代周期长的硝化细菌繁殖, 从而提高硝化

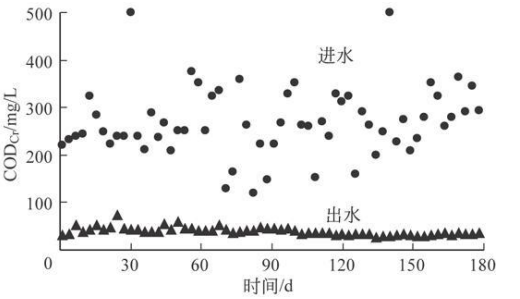

图 5 A^2/O—MBR 工艺对 COD_{Cr} 的去除

效率。对于本工程, 处理构筑物均建在室内, 最大程度地降低了温度的影响。如图 6 所示, 运行初期 NH_3—N 并没有很高的去除率, 原因系温度过低且硝化细菌没有大量繁殖。但随着系统的运行呈逐渐降低的趋势, 在运行 1 个月后, 当好氧池污泥浓度逐渐增高, 硝化细菌的培养条件逐渐转好时, NH_3—N 可降至很低的浓度, 且不受进水 NH_3—N 浓度的影响。表明高 MLSS 是 NH_3—N 去除的有利条件。

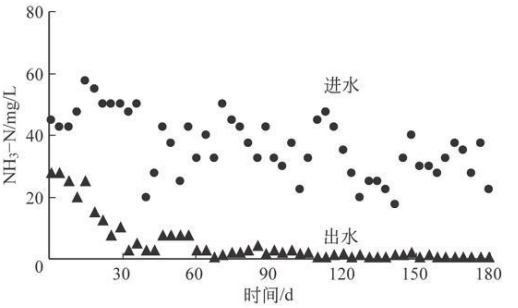

图 6 A^2/O—MBR 工艺对 NH_3—N 的去除

3.3 TP 的去除

A^2/O—MBR 工艺对总磷的去除效果如图 7 所示。除运行初期外, 出水 TP 一直保持很低的浓度, 且不受进水 TP 浓度波动的影响, 表明 A^2/O—MBR 组合工艺对磷的去除效果较传统 A^2/O 与 MBR 单独

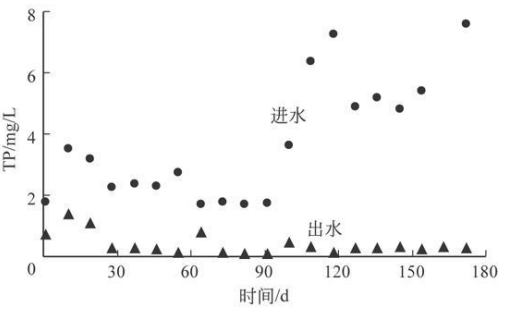

图 7 A^2/O—MBR 工艺对 TP 的去除

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

多段多级 AO 工艺在污水处理厂升级改造中的应用

石　凤[1]　刘胜军[1]　马炳勇[1]　郑雪峰[2]　杨　学[1]　邹仲勋[1]　张继伟[1]　孙开蓓[1]

(1 中国市政工程西北设计研究院有限公司天津分院, 天津　300201; 2 曲靖创业水务有限公司, 曲靖　655000)

摘要　云南曲靖污水处理厂升级改造工程设计规模 8 万 m^3/d, 出水水质排放标准由《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 二级提升为一级 A 标准。通过分析该厂实际进、出水水质及原 AB 工艺的 A 段运行情况, 需要增加生物处理段。经过设计参数比较及经济分析最终选用多段多级 AO 工艺。介绍了工程的设计运行情况, 分析了工程实施后所带来的环境和社会效益。

关键词　污水处理厂　升级改造　多段多级 AO 工艺　AB 工艺　脱氮除磷

1　工程概况

1.1　工程背景

按照 2005 年云南省曲靖市总体规划, 曲靖市污水处理厂 2020 年规划总规模 15 万 m^3/d, 一期工程设计规模 8 万 m^3/d 建成于 2005 年。一期工程按照 AB 工艺建设了 A 段曝气池及其配套设施, 仅考虑了有机物的降解去除, 没有脱氮除磷功能。经过几年的正式生产运行, 污水处理量基本稳定在 4 万~ 5 万 m^3/d。投入运行后发现污水处理厂进水水质和设计水质有较大差别, 现状运行水质偏淡, 并不适合采用 AB 工艺。因此本次改建需要从实际情况出发, 重新考虑适合本工程实际水质水量的处理方案。本次设计按照国家及地方有关政府部门的要求, 污水处理须执行 GB 18918—2002 一级 A 排放标准。

采用有明显的改善。A^2/O 工艺因为污泥增长有一定的限度, 不宜过高, 除磷效果难于进一步提高。从图 7 可见, 在排泥量较小, 污泥浓度的增长期, 对磷的去除有明显的影响, 而在污泥浓度的衰退期, 尽管进水总磷浓度较高, 但出水仍保持较低水平, 这说明污泥龄对总磷的去除起着重要作用[5]。

4　结论

(1) 污水处理厂的运行实践表明, A^2/O—MBR 组合工艺出水水质优良, 系统运行稳定, 完全能够满足我国回用水的水质标准。

(2) 当 MBR 池中污泥浓度在 8 000 mg/L 左右, HRT 为 7~ 8 h 的条件下, 对氨氮和总磷的去除效果最佳。

(3) 系统运行初期, 硝化菌的培养受温度的影响较大, 在温度改善的条件下, 控制 SRT 在 10 d 左右, 能得到很好的 NH_3—N 出水水质。

(4) 膜实现了绝对的固液分离, 出水 SS 基本为 0, 并可以将全部的生物量截留在池中, 通过膜池的外回流, 可以向 A^2/O 系统补充生物量, 并获得较高的 SRT 和 MLSS, 有利于硝化菌的增殖, 提高污泥硝化能力。

(5) A^2/O—MBR 组合工艺的不足之处在于其运行费用较高, 主要原因是 MBR 系统能耗较大, 使得处理成本较高。但因出水水质优良, 满足回用水标准, 可通过提高其再生利用率降低其运行成本。

参考文献

1　杨琦, 尚海涛, 杨春, 等. A/O—MBR 工艺处理城市污水的研究. 中国给水排水, 2006, 22(7): 101~ 104

2　曹斌, 黄霞, 北中敦, 等. A^2/O—膜生物反应器强化生物脱氮除磷中试研究. 中国给水排水, 2007, 23(3): 22~ 26

3　胡建东, 完颜华. 污水处理中膜生物反应器工艺的探讨. 炼油技术与工程, 2004, 34(4): 59~ 62

4　吴剑, 王世和, 杨小丽, 等. MB(A^2/O) 反应器处理城市污水. 东南大学学报 (自然科学版), 2006, 37(1): 144~ 147

5　Adham S, Gagliardo P, Boulos L, et al. Feasibility of the membrane bioreactor process for water reclamation. Wat Sci Tech, 2001, 43(10): 203~ 209

& 通讯处: 710055 西安建筑科技大学环境与市政工程学院
电话: 13488210134
E-mail: wzy860728@gmail.com

收稿日期: 2011-01-19
修回日期: 2011-03-11

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net