

MUCT 工艺在城市污水处理厂的应用与问题探讨

张飞雁¹, 何恭哲¹, 曹洪涛¹, 雷中方², 刘翔², 王悦超², 吴婷²

(1. 常州市排水管理处, 江苏常州 203017; 2. 复旦大学环境科学与工程系, 上海 200433)

摘要: 常州市某污水处理厂的设计处理能力为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用改进型 A²/O (MUCT) 工艺, 设计出水水质为《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 B 标准。2008 年—2009 年的实际运行表明, 现有运行模式下该污水处理厂出水水质优于一级 B 标准。在 731 d 的检测中, COD、BOD₅、SS、NH₃-N、TN 和 TP 的一级 A 达标率分别为 99.5%、100%、83.2%、99.9%、99.9% 和 98.8%, 对其一级 A 提标改造的重点和难点——SS 的控制提出了相应建议。

关键词: 城市污水; MUCT 工艺; 脱氮除磷

中图分类号: X703 文献标识码: C 文章编号: 1000-4602(2011)06-0051-03

Discussion on Application of MUCT Process in Municipal Wastewater Treatment Plant

ZHANG Fei-yan¹, HE Gong-zhe¹, CAO Hong-tao¹, LEI Zhong-fang², LIU Xiang²,
WANG Yue-chao², WU Ting²

(1. Changzhou Drainage Administration, Changzhou 203017, China; 2. Department of Environmental Science and Engineering, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: The design treatment capacity of a municipal wastewater treatment plant (MWTP) in Changzhou City is $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, with modified UCT (MUCT) process being used and the original design effluent meeting the first level B criteria specified in the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002). The two year operation data (from 2008 to 2009) indicate that under the existing operation conditions, the effluent quality from the MWTP is better than the original design first level B standard. The first level A standard-reaching rates of COD, BOD₅, SS, NH₃-N, TN, and TP are 99.5%, 100%, 83.2%, 99.9%, 99.9% and 98.8% respectively in the test period of 731 days. SS control should be emphasized for the MWTP upgrading and reconstruction, and some corresponding suggestions are made.

Key words: municipal wastewater; modified University of Cape Town (MUCT) process; nitrogen and phosphorus removal

A²/O 工艺主要有 Bardenpho、UCT (University of Cape Town)、Johannesburg、VIP (Virginia Initiative Plant) 等型式。MUCT 工艺是一种改进型 UCT 工艺, 其工艺流程见图 1。可以发现, 在 MUCT 工艺中, 污泥和混合液回流得到单独控制, 且缺氧池一分为二, 并与传统 A²/O 工艺存在着明显差异: ①二套内回流相互独立; ②回流污泥进入第 I 缺氧段, 而第

I 缺氧段部分出流混合液再回流至厌氧段。因此, 在 MUCT 工艺中, 不仅可以避免因回流污泥中的 NO₃⁻-N 回流至厌氧段而干扰磷的厌氧释放和降低磷去除率的现象, 而且厌氧区中溶解氧 (DO)、缺氧段的停留时间可独立控制, 从而更容易实现高效、稳定的脱氮除磷效果。尽管如此, 我国目前有关 MUCT 工艺的研究大多数仍集中于实验室条件下

MUCT的性能探讨^[1]以及遭遇不利环境条件(如低C/N、低温、高盐度)^[2,3]、与其他工艺如膜生物反应器(MBR)^[4]相结合、投加填料成为复合型MUCT^[5]时污染物去除能力和微生物性能的变化等方面,而关于MUCT工艺在污水处理厂的生产性试验结果还比较缺乏^[6]。

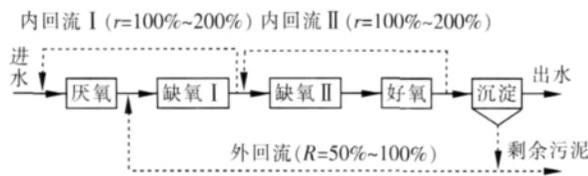


图1 MUCT工艺流程

Fig.1 Flow chart of MUCT process

笔者总结了一家MUCT工艺污水处理厂从2008年1月—2009年12月的实际运行情况,并简要分析其出水水质达标可能存在的主要问题,为类似污水处理厂的优化运行与管理提供经验和参考。

1 污水处理厂概况

该污水处理厂一期工程处理规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,二期扩建达到 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

1.1 进水水质与设计的要求

污水处理厂设计时进水中工业废水约占20%~40%,其余为生活污水。2008年—2009年实际进水水质指标变化范围:pH值为7.35~8.18,COD为88.3~858.0 mg/L,BOD₅为30.5~309.0 mg/L,SS为32.0~408.0 mg/L,TN为9.82~55.80 mg/L,NH₃-N为5.23~44.80 mg/L,TP为1.30~7.45 mg/L。设计出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级B标准,即COD≤60 mg/L,BOD₅≤20 mg/L,SS≤20 mg/L,TN≤20 mg/L,NH₃-N≤8(15) mg/L,TP≤1 mg/L。

1.2 工艺流程及运行条件

污水厂的工艺流程见图2,其主体工艺为MUCT工艺。运行期间MUCT反应池内实际挥发性固体浓度(MLVSS)为1400~2400 mg/L,泥龄为15 d,水力停留时间为14.1 h,其中厌氧、缺氧、好氧池的停留时间比为1.6:4:8.5。为提高脱氮效果,部分进水直接进入缺氧区,并保持好氧池气水比为(5~6):1。根据各池中的硝酸盐和污泥浓度水平,在实际运行期间仅启动了外回流(100%~130%),其余两部分内回流均未开启。另外,二期扩建工程虽然已考虑在MUCT生物反应池前增设水解酸化池,

但截至2009年12月,该水解酸化池也未启用。

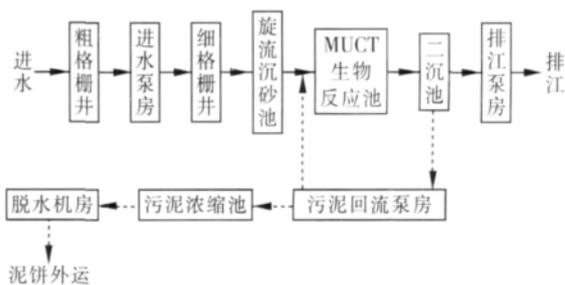


图2 污水处理厂工艺流程

Fig.2 Flow chart of municipal wastewater treatment plant

2 污水处理厂实际运行状况

2.1 实际处理水量

在2008年1月—2009年12月期间,污水厂实际处理水量为 $(6.6 \sim 14) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,目前污水厂实际处理水量已基本达到设计规模($20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)的70%以上。

2.2 对各污染物的去除效果

MUCT工艺对进水中各污染物具有高效、稳定的去除能力,在731 d的检测中,除1 d的NH₃-N有异常外,两年里出水中各项指标均达到原设计要求(一级B标准)。

① COD和BOD₅

在现有运行模式下,该污水处理工艺对COD和BOD₅的去除率分别为56%~97%和81%~99%,出水COD和BOD₅变化范围分别为21.1~55.9 mg/L和2.0~8.9 mg/L。在731 d的检测中,除4 d出水COD指标超出50 mg/L外,其余出水COD均达到一级A排放标准,即COD的一级A达标率为99.5%,而BOD₅的一级A达标率则为100%。

② NH₃-N和TN

该污水处理工艺对NH₃-N和TN的平均去除率分别为(73%~99%)、(37%~85%),出水中NH₃-N和TN浓度分别为0.10~5.44、4.37~15.60 mg/L。在731 d的检测中,除1 d出水NH₃-N和TN分别超出5、15 mg/L外,其余均达到一级A排放标准,即其NH₃-N和TN的一级A达标率均为99.9%。

③ SS和TP

尽管进水SS变化幅度大(32~408 mg/L),但该工艺对SS的去除比较有效,SS去除率为75%~98%,出水SS稳定在18 mg/L以下,即出水SS也达到原设计的一级B要求。在731 d的检测中,有123

d 的出水 SS 超过一级 A 标准(10 mg/L), 即 SS 的一级 A 达标率为 83.2%。另外, 该工艺对 TP 的去除率为 76%~98%, 出水中 TP 浓度在 0.07~0.83 mg/L 之间, 也达到设计要求(一级 B 标准)。在 731 d 的检测中, 有 9 d 的出水 TP 超过一级 A 标准(0.5 mg/L), 即 TP 的一级 A 达标率为 98.8%。

3 主要问题分析

污水处理厂进水中工业废水所占比例较大, 在 20%~40% 之间。从 2008 年—2009 年间的实际进水水质可知, 进水 $BOD_5/COD=0.22\sim0.66$ (均值为 0.39), 即进水的可生化性相对较差, 但运行表明, 该污水处理厂工艺能够经济、有效地去除污水中的有机物、氮、磷和 SS, 其对 COD 、 BOD_5 、 NH_3-N 、 TN 、 TP 和 SS 的去除率分别为(56%~97%)、(81%~99%)、(73%~99%)、(37%~85%)、(76%~98%) 和(75%~98%)。由于两部分内回流并未启用, 在一定程度上降低了污水处理厂的运行费用。2008 年—2009 年间, 该污水处理厂的运行成本为 0.43~0.50 元/ m^3 。

研究表明, 在泥龄为 15 d 时, A^2/O 工艺系统对 BOD_5 、 TN 和 TP 的去除率可分别达到(80%~98%)、(40%~60%) 和(72%~97%)^[7], 这与该污水处理厂的运行结果基本相符, 也说明污水处理厂的工艺路线设计比较合理、运行管理得当。

需要指出的是, 对于工业废水所占比例较高的城市污水, 采用水解酸化作为预处理工艺, 在一定程度上能够缓冲进水水质和水量波动对生物反应池的影响。已有研究表明, 增加水解酸化反应池能够有效提高进水 BOD_5/COD 值, 从而为后续生物反应池提供更多可供利用的小分子有机物^[8]。由于 MUCT 工艺中存在着反硝化除磷现象^[4,9], 尤其是在有大量可供利用小分子有机酸存在的场合^[9], 采用水解酸化工艺进行预处理, 可能会在一定程度上对 MUCT 工艺的脱氮除磷效果起到强化作用。因此, 二期扩建工程设计中, 在 MUCT 工艺前增设了水解酸化池(2009 年 12 月前尚未启用), 以保障 MUCT 工艺进水水质(尤其是可利用碳源)的相对稳定。水解酸化池的增设对后续 MUCT 工艺的实际强化效果及其影响机理有待于进一步的生产性试验验证。

从污水厂的实际运行可知, 现有运行模式下的

MUCT 工艺污水处理厂出水能够达到设计要求(即一级 B 标准)。当前, 污水处理厂的升级提标改造正在全国范围内展开, 且环太湖流域的所有污水处理厂出水水质必须达到 GB 18918—2002 中一级 A 标准和《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB 32/1072—2007) 要求。如果需要将该污水处理厂出水水质提高至一级 A 标准, 则重点和难点在于对 SS 的控制。除此之外, 微生物学指标(如粪大肠菌群数)的达标排放也需考虑。因此, 从污水处理厂的运行效果出发, 再兼顾污泥浓缩池中可能存在的磷释放问题, 可以通过增加化学混凝沉淀、介质过滤和消毒工艺, 且继续保持对 MUCT 工艺的优化运行与管理, 则该污水处理厂的出水水质有望稳定达到一级 A 标准。

参考文献:

- [1] 徐海江, 韩恩山, 张仁志, 等. MUCT 工艺用于生活污水的除磷脱氮研究[J]. 工业水处理, 2005, 25(6): 27-30.
- [2] 尹军, 王晓玲, 吴相会, 等. 低 C/N 条件下 MUCT 工艺的反硝化除磷特性[J]. 环境科学, 2007, 28(11): 2478-2483.
- [3] 王晓玲, 尹军, 叶龙, 等. 低温条件下 MUCT 工艺污泥膨胀的产生与控制[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2009, 41(4): 67-71.
- [4] Zhang H, Wang X, Xiao J *et al.* Enhanced biological nutrient removal using MUCT-MBR system[J]. *Bioresour Technol* 2009, 100: 1048-1054.
- [5] 孙力平, 张轶凡, 郝赫, 等. 复合式 MUCT 工艺用于城市污水除磷脱氮的研究[J]. 工业用水与废水, 2006, 37(6): 8-11.
- [6] 聂福胜, 罗万申. 深圳市南山污水处理厂除磷脱氮工艺设计[J]. 中国给水排水, 2002, 18(8): 53-55.
- [7] 赵庆良, 刘雨. 废水处理与资源化新工艺[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
- [8] 梁汀, 陆冬平, 蒋岚岚. 城市污水处理厂水解酸化工艺设计体会[J]. 中国给水排水, 2009, 25(20): 31-33.
- [9] Kuba T, Vanloosdrecht M C M, Brandse F A *et al.* Occurrence of denitrifying phosphorus removing bacteria in modified UCT-type wastewater treatment plants[J]. *Water Res*, 1997, 31(4): 777-786.

E-mail: zfl@fudan.edu.cn

收稿日期: 2010-05-06