

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.19.003

淮河流域地表水类Ⅳ类标准污水深度处理工艺研究

孙高升¹, 王东东², 弋凡², 王广智², 崔全喜¹, 赵志太¹

(1. 河南省城乡规划设计研究总院股份有限公司, 河南 郑州 450044; 2. 哈尔滨工业大学 环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要: 针对河南省淮河流域城镇污水处理厂的升级改造问题,通过对当地典型污水处理厂的实地调研,从水质、水量和运行等方面分析该流域污水处理厂的基本特征及所面临的问题,并在此基础上设计开发了污水处理技术路线: $A^2O/MBR/BAF/O_3$ 组合工艺;同时,针对两种典型的污水水质进行模拟实验,研究该组合工艺对不同水质的适应性,并得到最佳运行条件。在最佳运行条件下,组合工艺对COD和氨氮均有较好的去除效果,两者的出水浓度均可以达到地表水类Ⅳ类水质标准。对于有工业废水混入的进水,组合工艺对TN的去除率可达到80%以上,出水TN均值在10 mg/L以下,可以达到地表水类Ⅳ类水质标准;但对于氮源浓度较高的进水,该组合工艺不能确保出水TN达标,可以考虑在BAF单元后面增加反硝化滤池。

关键词: 淮河流域; 污水处理厂; 提标改造; 地表水类Ⅳ类标准; $A^2O/MBR/BAF/O_3$ 组合工艺

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)19-0016-08

Advanced Wastewater Treatment Process with Effluent Quality Meeting Level Quasi IV Criteria of Surface Water in Huai River Basin

SUN Gao-sheng¹, WANG Dong-dong², YI Fan², WANG Guang-zhi², CUI Quan-xi¹, ZHAO Zhi-tai¹

(1. Henan Urban and Rural Planning and Design Research Institute Co. Ltd., Zhengzhou 450044, China; 2. School of Environment, Harbin University of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: Aiming at the upgrading and reconstruction of wastewater treatment plant in Huai River basin of Henan Province, field research on local typical wastewater treatment plants was conducted, and basic characteristics and problems of the current wastewater treatment plants in this basin were analyzed from the aspects of water quality, water quantity and operation. On this basis, a combined process of $A^2O/MBR/BAF/O_3$ was designed and developed. Meanwhile, two kinds of typical water quality simulation experiments were conducted to explore the adaptability of the process to different water quality and determine the optimal operating conditions. Under the optimal operating conditions, the combined process had good treatment effect on COD and ammonia nitrogen, and their concentrations in the effluent could meet the level quasi IV criteria of surface water. When the influent mixed with industrial wastewater, the removal efficiency of TN was more than 80%, and the average concentration of TN in the

effluent was less than 10 mg/L, which could meet the level quasi IV criteria of surface water. However, the effluent TN concentration could not always meet the standard when the influent had higher nitrogen concentration. Therefore, it could be considered to add denitrification filter behind BAF unit.

Key words: Huai River basin; wastewater treatment plant; upgrading and reconstruction; level quasi IV criteria of surface water; A²O/MBR/BAF/O₃ combined process

淮河流经我国中部省份,由于该流域水污染治理基础设施薄弱,导致存在严重的水环境污染问题。为了有效避免流域污染持续加重,有针对性地解决水环境问题,对河南省淮河流域内已经投入使用的污水处理厂进行提标改造,降低流域内污染物的排放总量,是保护流域水环境的首要任务^[1]。

随着地表水类Ⅳ类水质标准的提出,我国一些缺水较严重的城市,要求污水厂出水的主要指标达到地表水类Ⅳ类水质标准。目前,已有一些污水处理厂开始或者已经完成了提标改造工作^[2-5]。鉴于此,笔者通过对河南省淮河流域内典型污水处理厂的实地调研,分析其普遍存在的问题,并提出升级改造组合工艺路线;同时,采用该组合工艺对两种不同水质的污水进行处理实验,通过分析组合工艺的运行效果,研究工艺对不同水质的适应性,并对主要运行参数进行优化。

1 实验装置与方法

1.1 实验装置

实验装置见图1。实验用水经蠕动泵进入A²O/MBR一体式装置,处理出水经蠕动泵进入BAF反应器,然后进入臭氧柱进行氧化处理。实验初设参数如下:水力停留时间(HRT)为10 h,进水流量为10 L/h,内回流比 r 为200%,污泥回流比为50%。

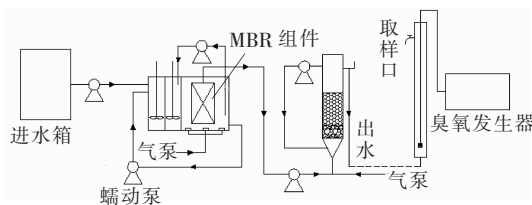


图1 A²O/MBR/BAF/O₃组合工艺实验装置

Fig.1 Device diagram of A²O/MBR/BAF/O₃ combined process

1.2 实验用水

实验用水在哈尔滨工业大学二校区家属区生活污水的基础上进行配制。混入工业废水的实验进水水质如下:COD(加腐殖酸钠)、NH₄⁺-N、TN、TP浓

度分别为300、30、40、10 mg/L;高有机物高氮源的实验进水水质如下:COD、NH₄⁺-N、TN、TP浓度分别为400、40、50、13 mg/L。

1.3 实验方法

实验中,A²O/MBR/BAF工艺段采用连续运行方式,臭氧单元采用间断运行的方式,在适当的反应条件下运行实验装置。首先,在保持其他参数不变的条件下,将组合工艺的HRT从12.5 h依次缩短至10、7.5 h,测定出水COD、NH₄⁺-N和TN浓度,并计算各污染物的去除率,确定最佳HRT;然后,在最佳HRT下,进行内回流比 r 的优化实验, r 依次取150%、200%和250%,确定 r 的最优值;最后,在最佳运行条件下对BAF出水进行O₃氧化处理,O₃发生器的臭氧产量为7 g/h,分别在设定的时间(0、2、5、10、15、20、25、30 min)取水样,测定其COD、TOC和色度,并对水样进行三维荧光分析。

COD、NH₄⁺-N、TN、SS、浊度、色度等常规水质指标均采用国家标准方法检测。在O₃氧化实验中,对不同O₃接触时间的水样依次进行三维荧光分析,激发波长(Ex)的间隔增量为5 nm(220~500 nm),发射波长(Em)的间隔增量为1 nm(220~650 nm),发射和激发夹缝的宽度均为5 nm。

2 结果与讨论

2.1 淮河流域污水厂现状与升级改造工艺选择

2.1.1 污水处理厂的现状

河南省有污水处理厂总计约160座,调研前期,搜集了淮河流域的典型污水处理厂共8座,其中商丘市梁园污水厂主要处理工业废水。河南省淮河流域的污水处理厂所采用的主体工艺以A²O和氧化沟为主,从中选取了4座典型污水厂进行实地调研(许昌市屯南污水处理厂、信阳市污水处理厂、郑州市陈三桥污水处理厂和马头岗污水处理厂)。

通过对污水厂的实地走访调研,总结出淮河流域的基本特征及现状污水厂所面临的问题。该流域污水厂存在工业废水混杂、冬季有短期低温期、夏季雨水混杂比例偏高等问题,这导致污水处理厂的进

水成分较为复杂,色度、COD、TN 等指标相对较高,夏季 SS 较高,说明污水厂的进水水质波动大、含有较多难降解有机物。根据实际调研发现,近年来,河南省淮河流域部分污水厂在实际运行中出水水质并不能稳定达标,主要在进出水水质和水量、工艺运行等方面存在问题。除此之外,出水水质标准的提高,即地表水类Ⅳ类标准的提出,也是导致污水厂现有工艺无法满足出水水质要求的重要原因之一。不同规模污水厂的实际处理量与设计处理量有一定的差距。例如,许昌市屯南污水厂与郑州市陈三桥污水厂,由于这两座污水厂的处理规模相对较小,污水厂的处理水量受周围环境的影响较大,实际处理水量与设计处理水量相差较大。此外,季节温度的变化也会引起进水量的变化,一般夏季温度高,实际进水量偏大,如马头岗污水处理厂总设计规模为 $60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,实际平均处理水量为 $52 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,与设计值相差较小;但在夏季,进水量则可达到 $70 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,受季节温度的影响较大。另外,各种水质指标设计值与实际值也相差较大。信阳市污水厂的实际进水 COD 仅为设计值的 $1/3$,导致污水厂中的一些设备长期低负荷运行;许昌市屯南污水处理厂和郑州市陈三桥污水处理厂的实际进水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度仅为设计值的 $50\% \sim 60\%$,屯南污水处理厂的实际进水 SS 为 80.5 mg/L ,低于设计值的 50% ,这可能是因为两座污水厂的处理规模相对较小,水质指标受周围环境的影响较大;信阳市污水处理厂进水的多项指标都远低于设计值,与其类似的还有马头岗污水处理厂,这两座污水厂进水指标偏低,虽然出水水质可以达标,但对各项污染物的去除率较低,这表明当前污水厂服务范围内的污水收集管网不够完善,同时存在雨污分流不彻底以及管网渗漏等现象。陈三桥污水厂的实际进水 SS 为设计值的 2 倍多,极大地增加了污水厂的污泥处理量,主要还是由于污水厂的处理规模较小,水质受环境影响大。

2.1.2 升级改造工艺选择

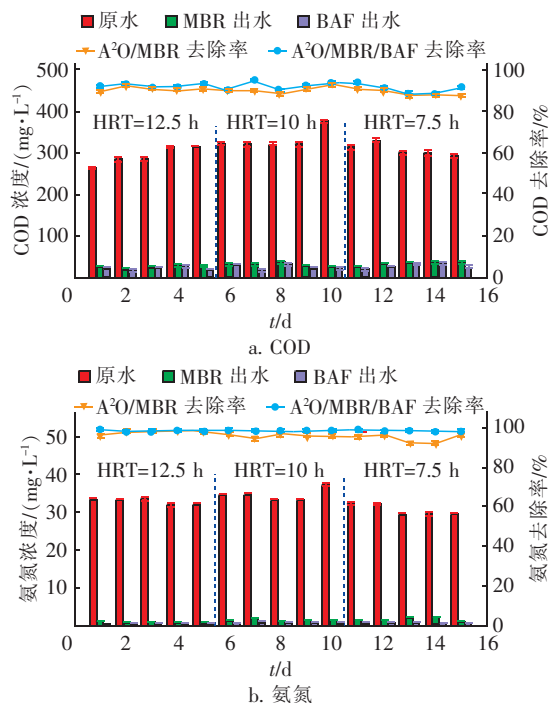
根据河南省淮河流域污水处理厂的调研结果,从 COD、 BOD_5 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、TN、TP、SS 等指标来看,在满足地表水类Ⅳ类水质标准方面存在一定差距的主要是 COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 SS,因此选择污水厂升级改造工艺时,在保证 SS 达标的基础上,主要以去除难降解有机物和深度脱氮为主。综合上述分析,对应提出 MBR、BAF、超滤和 O_3 这 4 个升级改造工艺,得

到升级改造工艺路线: $\text{A}^2\text{O}/\text{MBR}/\text{BAF}/\text{O}_3$ 组合工艺,在理论上可以有效解决污水厂升级改造问题。为了验证该组合工艺的实际处理效果,以地表水类Ⅳ类水质标准为出水水质要求进行实验。实验进水选用淮河流域污水厂面临的两种典型水质:有工业废水混入的水质和高有机物高氮源的水质。根据对淮河流域典型污水处理厂水质特点的分析和设计进水水质的要求,选择与其水质相近的哈尔滨工业大学二校区家属区的生活污水为实际进水水样。

2.2 有工业废水混入的水质条件下工艺处理效果

2.2.1 水力停留时间对处理效果的影响

控制内回流比为 200% 、好氧池 DO 约为 5 mg/L 、缺氧池 DO 约为 0.5 mg/L 、温度为 20°C ,实验初始流量为 8 L/h , $\text{HRT} = 12.5 \text{ h}$;在第 6 天增大进水量至 10 L/h , $\text{HRT} = 10 \text{ h}$;在第 11 天增大进水量至 13.3 L/h , $\text{HRT} = 7.5 \text{ h}$,研究不同 HRT 对 COD、TN、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除效果的影响,结果见图 2。当 HRT 分别为 12.5 、 10 、 7.5 h 时, $\text{A}^2\text{O}/\text{MBR}/\text{BAF}$ 工艺段对 COD 的平均去除率分别为 92.47% 、 92.38% 、 90.88% 。由此可知,当进水中存在一定量的难降解有机物时,出水 COD 浓度有所上升,但整体去除效果仍然较好,在不同 HRT 条件下,出水 COD 平均值都可达到地表水类Ⅳ类标准。HRT 由 12.5 h 缩短至 10 h ,对 COD 去除效果没有明显影响;当 HRT 继续缩短至 7.5 h 时,COD 去除率略有下降。



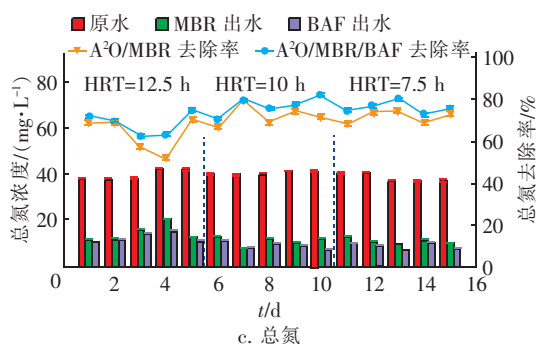


图2 HRT对各工艺单元处理效果的影响

Fig.2 Effect of HRT on treatment efficiency of each process unit

从图2(b)可以看出,当HRT分别为12.5、10、7.5 h时,A²O/MBR/BAF工艺段对NH₄⁺-N的平均去除率分别为98.62%、98.62%、98.36%。可知,不同HRT对NH₄⁺-N的去除效果没有明显影响,NH₄⁺-N去除率均在98%以上,出水NH₄⁺-N浓度均满足地表水类Ⅳ类水质标准的要求。分析A²O/MBR工艺段可以发现,当HRT分别为12.5、10、7.5 h时,NH₄⁺-N平均去除率分别为97.67%、96.04%和95.41%,随着HRT的缩短,该工艺段对NH₄⁺-N的去除率有所下降,但经过后续BAF的深度处理后,不同HRT下的出水NH₄⁺-N浓度基本无差异。

从图2(c)可以看出,当HRT分别为12.5、10、7.5 h时,A²O/MBR/BAF工艺段对TN的平均去除率分别为68.77%、77.52%和77.03%。随着HRT的缩短,该工艺段对TN的去除率略微增加,分析其原因:在MBR中,当HRT较大时,反应器内的有机负荷率降低,导致反应器内的微生物内源呼吸比例增加,污泥活性降低;相反,在一定程度上缩短HRT,可以增加反应器内的有机负荷率,提高反硝化菌的活性,有利于TN的去除。本实验中这种影响并不大,不同的HRT下TN去除率均可以达到80%以上,出水TN约为10 mg/L,满足地表水类Ⅳ类水质标准的要求。综合以上分析,最优HRT取10 h。

2.2.2 内回流比对处理效果的影响

在HRT=10 h的条件下进行内回流比优化实验,第1~5天 r 取150%,第6~10天 r 增加到200%,第11~15天 r 为250%,不同内回流比条件下,A²O/MBR/BAF工艺段对COD、NH₄⁺-N、TN的去除效果如图3所示。从图3(a)可以看出,当 r 为

150%、200%、250%时,COD平均去除率分别为91.68%、92.54%、92.89%。可知,在运行过程中不断提高内回流比,COD去除率有所提高,当 r 为250%时,A²O/MBR/BAF工艺段对COD的去除效果最好,出水COD为23.69 mg/L,满足地表水类Ⅳ类水质标准的要求。

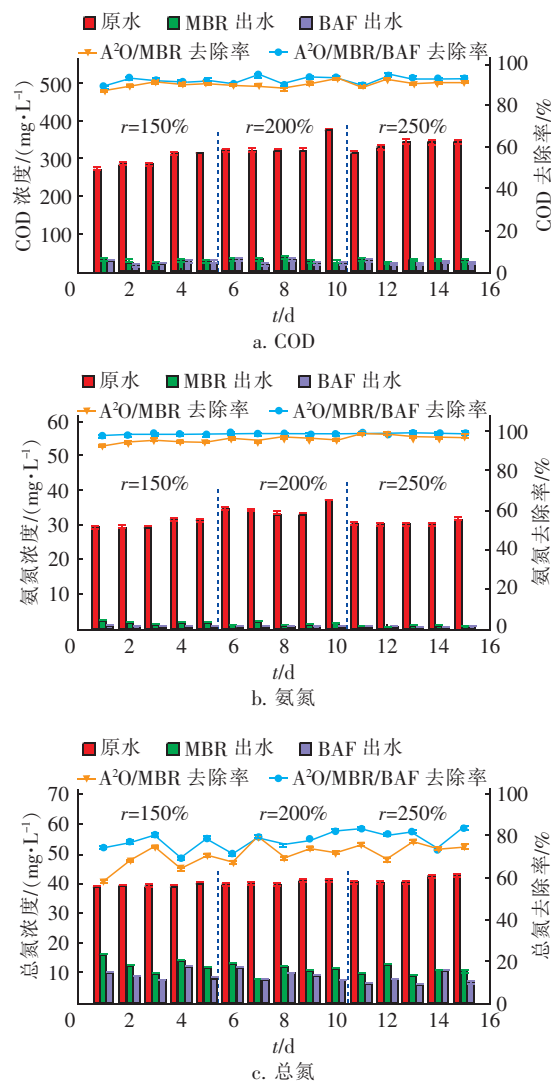


图3 内回流比对各工艺单元处理效果的影响

Fig.3 Effect of internal reflux ratio on removal efficiency of each process unit

从图3(b)可以看出,当 r 为150%、200%、250%时,A²O/MBR/BAF工艺段对NH₄⁺-N的平均去除率分别为98.00%、98.62%、99.00%。可知,在运行过程中,NH₄⁺-N去除率随着内回流比的增大而增大,出水NH₄⁺-N浓度均可达到地表水类Ⅳ类水质标准。当 r 为250%时,对NH₄⁺-N的去除效果最好,出水氨氮浓度为0.304 mg/L。

从图3(c)可以看出,当 r 为150%、200%、250%时, $A^2O/MBR/BAF$ 工艺段对TN的平均去除率分别为80.94%、82.46%、75.69%。可知,当 r 为150%和200%时,TN去除率可以达到80%以上,出水TN浓度基本都在10 mg/L以下,可以满足地表水类IV类水质标准的要求;当 r 增加到250%时,TN去除率下降明显。虽然从理论上分析,随着内回流比的增加,脱氮效果应该不断增加,但是由于影响反硝化反应的因素较多,当 r 增加的同时,会导致缺氧区的DO浓度较大,抑制反硝化反应,所以只有适当地增加内回流比才可以提高脱氮效果。综上,最佳内回流比取200%。

2.2.3 臭氧接触时间对处理效果的影响

在HRT = 10 h、 r = 200%的最佳条件下稳定运行一段时间后,将 $A^2O/MBR/BAF$ 工艺段出水通入 O_3 氧化装置。 O_3 接触时间对污染物去除效果的影响如图4所示。随着 O_3 接触氧化时间的增加, O_3 对色度的去除率逐渐上升,其中前10 min去除率上升速度较快,15 min后出水色度变化趋于平稳,去除率达到了80%左右,出水色度降至10倍左右。另外,随着 O_3 处理时间的增加,COD浓度先降低后升高,在前10 min,COD去除率不断升高,最大去除率达到27.18%;10 min以后,COD去除率呈下降趋势。TOC的变化趋势与COD基本相同,在第10分钟TOC浓度最低,去除率达到39.74%,继续增加 O_3 处理时间,TOC去除率呈波动下降的趋势。

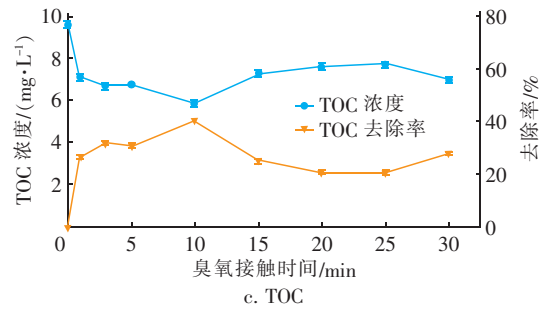
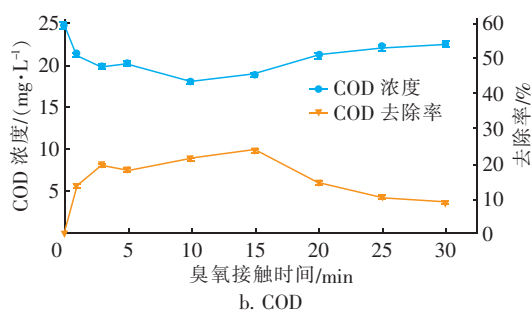
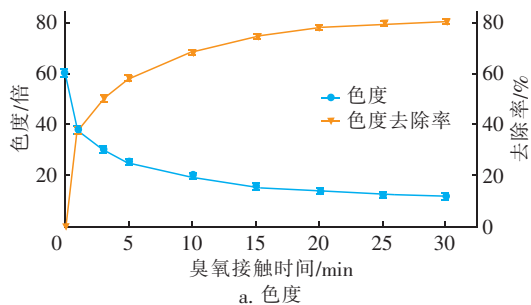


图4 臭氧接触时间对臭氧单元处理效果的影响

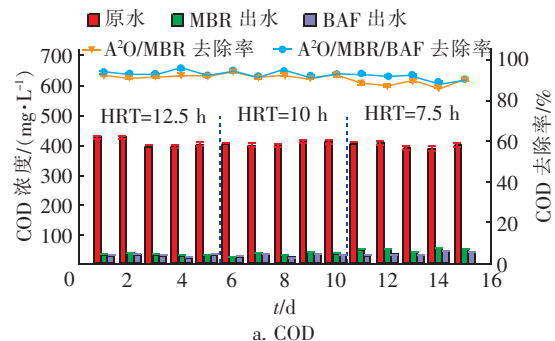
Fig. 4 Effect of O_3 contact time on treatment efficiency of ozone unit

对 $A^2O/MBR/BAF$ 工艺段出水及 $A^2O/MBR/BAF/O_3$ 工艺出水进行三维荧光光谱分析。 $A^2O/MBR/BAF$ 工艺段出水中主要含有两个峰A、B,均在V区,属于类腐殖酸物质;随着臭氧接触时间的增加,A、B两个荧光峰的强度逐渐降低,第5分钟时在A、B峰之间出现了新的峰C,C峰也属于类腐殖酸物质;第10分钟时B峰消失,只剩下A、C两个峰,第15分钟时A、C两个峰的强度均降到了100以下。综上,最佳 O_3 接触时间取10 min。

2.3 高有机物高氮源水质条件下工艺处理效果

2.3.1 水力停留时间对处理效果的影响

实验初始参数设置同2.2节,不同HRT下 $A^2O/MBR/BAF$ 工艺段对COD、 NH_4^+-N 和TN的去除效果如图5所示。第1~5天,HRT为12.5 h,COD平均去除率为93.25%;第6~10天,HRT为10 h,COD平均去除率为92.92%;第11~15天,HRT为7.5 h,COD平均去除率为91.17%。可以看出,随着HRT的缩短,COD去除率不断降低。当HRT从12.5 h缩短到10 h时,COD去除率可保持在93%左右,出水COD在25 mg/L左右,满足地表水类IV类水质标准的要求;当HRT继续缩短到7.5 h时,出水COD有所升高,均值大于30 mg/L。



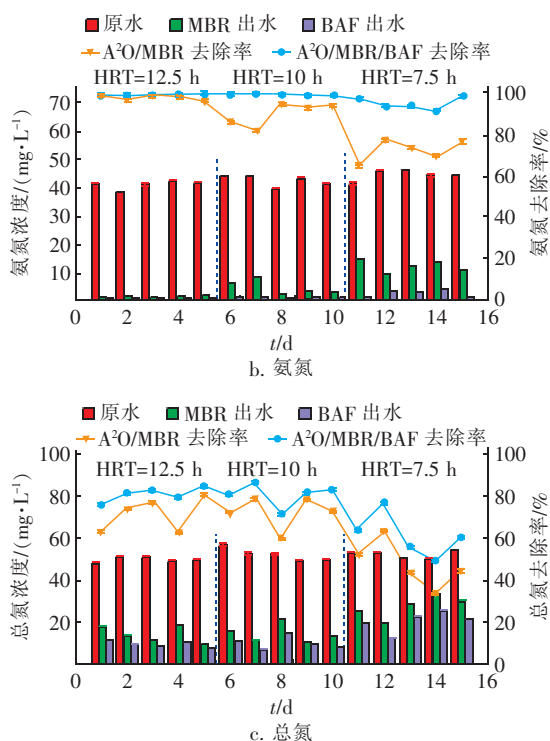


图5 HRT对各工艺单元处理效果的影响

Fig.5 Effect of HRT on removal efficiency of each process unit

从图5(b)可以看出,当HRT分别为12.5、10、7.5 h时, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 平均去除率分别为99.13%、98.76%、95.04%。随着HRT的缩短, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除率呈降低趋势,当HRT由12.5 h缩短至10 h时,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 平均值约为0.5 mg/L,满足地表水类Ⅳ类水质标准的要求;当HRT缩短到7.5 h时, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除率下降明显,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度波动较大,无法达到地表水类Ⅳ类水质标准。

从图5(c)可以看出,当HRT为12.5、10、7.5 h时,TN平均去除率分别为80.60%、80.49%、60.89%。当HRT由12.5 h缩短至10 h时,对TN去除率的影响不大;当HRT继续缩短到7.5 h时,出水TN浓度明显上升且不稳定,均值在20 mg/L左右,难以达到地表水类Ⅳ类水质标准。综上,最佳HRT取10 h。

2.3.2 内回流比对处理效果的影响

在HRT=10 h的条件下进行内回流比优化实验,不同内回流比下A²O/MBR/BAF工艺段对COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和TN的去除效果如图6所示。从图6(a)可以看出,当r分别为150%、200%、250%时,COD平均去除率分别为93.53%、93.45%、

93.32%,COD最大去除率为95.03%。可知,在运行过程中不断提高内回流比,对COD去除效果的影响不大,出水COD平均浓度约为26 mg/L,满足地表水类Ⅳ类水质标准的要求。

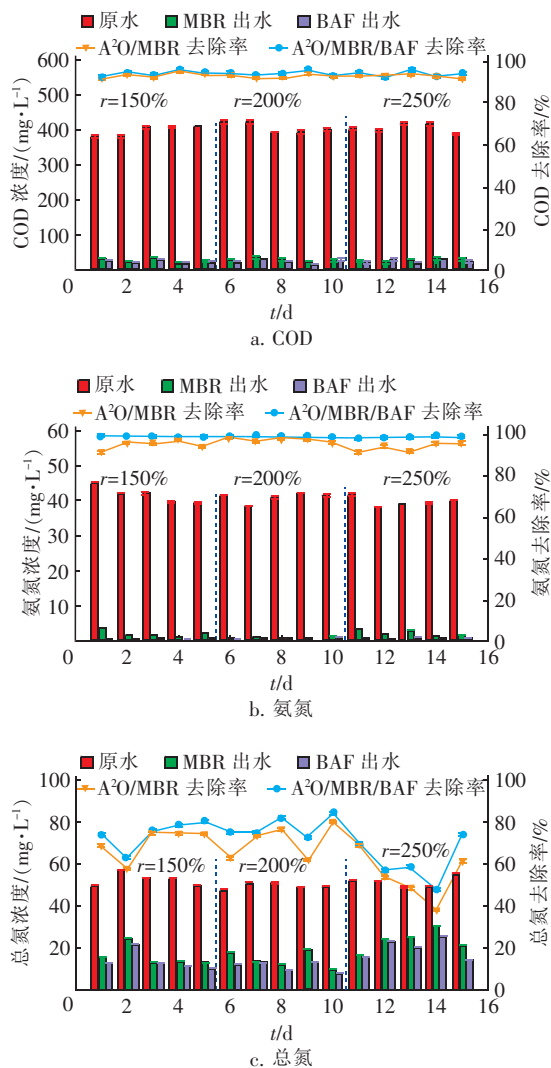


图6 内回流比对各工艺单元处理效果的影响

Fig.6 Effect of internal reflux ratio on removal efficiency of each process unit

从图6(b)可以看出,当r分别为150%、200%、250%时, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 平均去除率分别为99.08%、99.13%、98.71%,内回流比对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除效果没有明显影响,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 平均值分别为0.381、0.358和0.517 mg/L,处理效果较好,均可达到地表水类Ⅳ类水质标准。

从图6(c)可以看出,当r分别为150%、200%、250%时,A²O/MBR/BAF工艺段对TN的平均去除率分别为74.68%、78.21%、61.54%,随着内回流

比的增大, TN 去除率呈先升后降的变化趋势。当 r 为 200% 时, 对 TN 的去除效果最好, 出水 TN 平均值为 10.82 mg/L, 但仍未达到地表水类Ⅳ类水质标准要求。综上, 最佳内回流比取 200%。

2.3.3 臭氧接触时间对处理效果的影响

在 $HRT = 10\text{ h}$ 、 $r = 200\%$ 的最佳条件下稳定运行一段时间后, 将 $A^2O/MBR/BAF$ 工艺段出水通入 O_3 氧化装置。 O_3 接触时间对污染物去除效果的影响如图 7 所示。

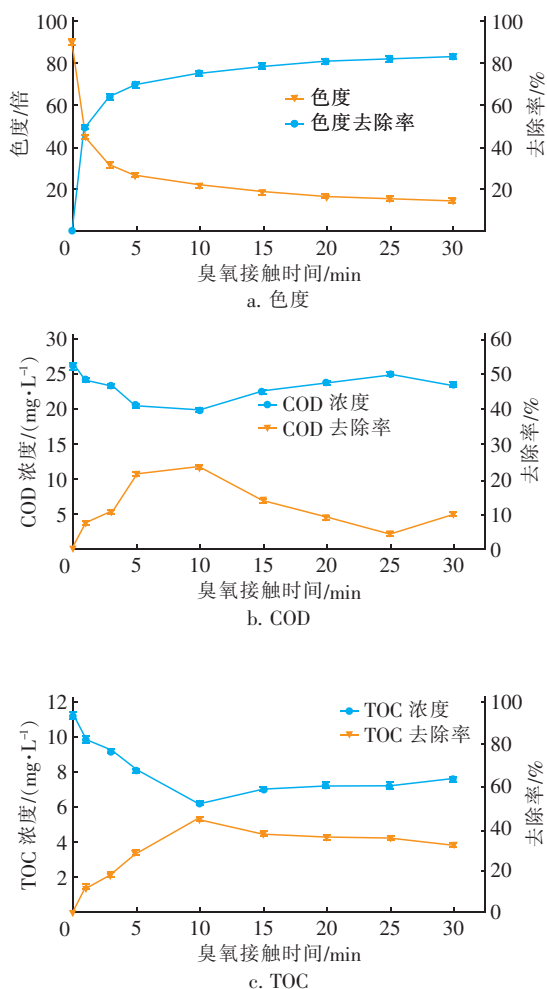


图7 臭氧接触时间对臭氧单元处理效果的影响

Fig. 7 Effect of O_3 contact time on treatment efficiency of ozone unit

随着 O_3 接触时间的增加, 对色度的去除率逐渐上升, 前 10 min 去除率上升速度较快, 15 min 后去除率变化趋于平稳, 稳定在 80% 左右, 出水色度在 12 倍左右。整体来看, 经臭氧氧化处理后, 出水 COD 和 TOC 浓度均高于 2.2.3 节, 这是由于进水浓度的提升, 使 $A^2O/MBR/BAF$ 工艺段的出水指标也

有一定增加, 但整体变化趋势基本与 2.2.3 节一致。随 O_3 接触时间的增加, 出水 COD 浓度先下降后增加, 在前 10 min, COD 最大去除率达到 23.86%, 10 min 之后 COD 去除率下降。TOC 的变化趋势与 COD 基本相同, 第 10 分钟时出水 TOC 浓度最低, 去除率最大为 44.42%, 继续延长 O_3 接触时间, TOC 去除率呈下降趋势。

对 $A^2O/MBR/BAF$ 工艺段出水及 $A^2O/MBR/BAF/O_3$ 工艺出水进行 3 倍稀释, 然后采用三维荧光光谱分析法对其进行表征。结果表明, 水样中主要含有一个峰 A, 在 V 区, 属于类腐殖酸物质; 随着 O_3 接触时间的增加, 荧光峰的位置没有发生明显变化, 但荧光峰的强度下降较为明显, 10 min 下降了 90% 左右, 说明 O_3 氧化可有效去除腐殖酸类物质。综上, 最佳 O_3 接触时间取 10 min。

2.4 讨论

对于两种水质条件, $A^2O/MBR/BAF$ 工艺段在最佳运行条件下对 COD 均有较好的去除效果, 出水 COD 均值在 30 mg/L 以下, 但出水 COD 浓度的数据离散性大、波动明显, 存在出水 COD 超过 30 mg/L 的情况; 通过控制后续的 O_3 接触时间, 可以使 $A^2O/MBR/BAF$ 工艺段出水 COD 浓度降低 20% ~ 30%, 在一定程度上确保了组合工艺的高标准出水水质。 $A^2O/MBR/BAF$ 工艺段对 $NH_4^+ - N$ 的去除效果很好, 出水 $NH_4^+ - N$ 平均值均可达到地表水类Ⅳ类水质标准, 其中, BAF 对 $NH_4^+ - N$ 的去除发挥着重要的作用, 当 MBR 工艺出水 $NH_4^+ - N$ 有波动时, BAF 出水 $NH_4^+ - N$ 仍一直稳定在 1 mg/L 以下; 而 O_3 氧化主要是针对有机物的去除, 对 $NH_4^+ - N$ 基本没有去除效果。对于 TN 指标, $A^2O/MBR/BAF$ 工艺段在两种水质条件下对其去除率基本均可达到 80% 左右; 对于有工业废水混入的实验进水, $A^2O/MBR/BAF$ 工艺段出水 TN 平均值在 10 mg/L 以下, 满足地表水类Ⅳ类水质标准的要求; 而对于高有机物高氮源的实验进水, $A^2O/MBR/BAF$ 工艺段出水 TN 浓度不稳定, 不能确保完全达标, 对于这种情况, 可以考虑在 BAF 后接反硝化滤池, 形成好氧环境和缺氧环境的交替运行, 有利于反硝化脱氮的进行。

$A^2O/MBR/BAF/O_3$ 组合工艺各阶段出水色度的变化情况如图 8 所示。可以看出, MBR 和 BAF 单元出水色度相比进水大大降低, 但水样仍呈现浅黄

色,经过 O_3 处理后最终出水几乎为无色,说明该组合工艺对色度有很好的去除效果。 O_3 工艺段的作用主要体现在对色度和难降解有机物的去除方面,在污水厂进水水质条件较好的情况下,可以考虑暂停或减少 O_3 的投加。

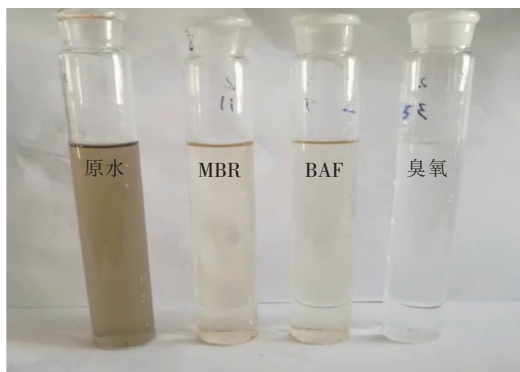


图8 各工艺单元出水色度的变化

Fig. 8 Change of effluent chromaticity of each process unit

3 结论

河南省内淮河流域污水处理厂存在的主要问题:①旧污水厂改造的难度大;②出水水质的提高,面临脱氮难点;③雨污水混入,进水SS、浊度偏高;④工业废水混入,进水色度、难降解有机物含量偏高。针对以上问题,提出了 $A^2O/MBR/BAF/O_3$ 升级改造组合工艺。在两种典型的水质条件下,组合工艺对COD均有很好的去除效果,去除率可以达到94%,出水COD浓度满足地表水类Ⅳ类水质标准。臭氧氧化工艺的作用主要体现在对色度和难降解有机物的去除方面。组合工艺对 $NH_4^+ - N$ 的去除效果也很好,BAF单元对组合工艺出水 $NH_4^+ - N$ 浓度的稳定起了很大的作用,总去除率可达到99%,出水 $NH_4^+ - N$ 浓度可达到地表水类Ⅳ类水质标准。对于有工业废水混入的实验进水,组合工艺对TN的去除率可达到80%以上,出水TN均值在10 mg/L以下,可达到地表水类Ⅳ类水质标准;对于氮源较高的实验进水,该组合工艺并不能确保出水TN完全达标,可以考虑在BAF单元后接反硝化滤池。

参考文献:

- [1] 刘亦凡,陈涛,李军. 中国城镇污水处理厂提标改造工艺及运行案例[J]. 中国给水排水,2016,32(16):36-41.
Liu Yifan, Chen Tao, Li Jun. Process analysis of upgrading and reconstruction of municipal wastewater

treatment plants in China [J]. China Water & Wastewater,2016,32(16):36-41(in Chinese).

- [2] 马宁,汪浩,刘操,等. 污水厂提标改造中 A^2/O 工艺研究与应用趋势[J]. 中国给水排水,2016,32(20):29-33.
Ma Ning, Wang Hao, Liu Cao, et al. Research and application of A^2/O process for upgrading and reconstruction of WWTPs [J]. China Water & Wastewater,2016,32(20):29-33(in Chinese).
- [3] 杨宇星,吴迪,宋美芹,等. 新型MBBR用于类地表Ⅳ类水排放标准升级改造[J]. 中国给水排水,2017,33(14):93-98.
Yang Yuxing, Wu Di, Song Meiqin, et al. Application of new MBBR in WWTP upgrading to meet class Ⅳ surface water standard[J]. China Water & Wastewater,2017,33(14):93-98(in Chinese).
- [4] 陈建平,毛云飞. 传统污水处理厂类Ⅳ类水提标改造工程实践[J]. 中国给水排水,2017,33(24):87-91.
Chen Jianping, Mao Yunfei. Renovation of traditional wastewater treatment plant for the effluent quality similar to the fourth class[J]. China Water & Wastewater,2017,33(24):87-91(in Chinese).
- [5] 汤桦. 南京江宁科学园污水处理厂准Ⅳ类水提标改造对策探讨[J]. 山西建筑,2018,44(27):106-109.
Tang Hua. Discussion on quasi-Ⅳ type water upgrading measures for Nanjing Jiangning Science Zone wastewater treatment plant [J]. Shanxi Architecture,2018,44(27):106-109(in Chinese).



作者简介:孙高升(1980-),男,河南南乐人,大学本科,高级工程师,分院校长,主要从事市政给排水、城市黑臭水体、水环境综合整治的规划、咨询、设计工作。

E-mail:32262950@qq.com

收稿日期:2020-03-11