

同步硝化反硝化强化黑水处理系统脱氮性能研究

杨本亮, 毕学军, 葛文杰, 尹志轩

(青岛理工大学环境与市政工程学院, 山东 青岛 266033)

摘要 在生产规模的活性污泥法(AS)+膜生物反应器(MBR)系统中,进行了黑水处理研究。结果表明,当 DO 的质量浓度为 3.5~4.0 mg/L 时,系统 TN 去除率仅为 76.1%,好氧区无 SND 现象,而当 DO 的质量浓度降低至 0.6~0.75 mg/L 时,系统 TN 去除率升高至 90.6%,好氧区同步硝化反硝化 TN 去除率($\eta(\text{SND}_{\text{TN}})$)可达 56.1%。当内回流体积比由 3 降低至 2 时,TN 去除率从 90.2%降低至 83.7%,SND 效果变化不大;而当内回流体积比增加至 5 时,TN 去除率进一步降低至 82.8%。随着好氧区 MLSS 的质量浓度从(9.0±0.3) g/L 降低至(6.0±0.3) g/L,SND 效率显著降低的同时系统脱氮性能变差, $\eta(\text{SND}_{\text{TN}})$ 由 58.8%降低至 8.1%,而 TN 去除率从 88.8%下降至 76.0%。

关键词 黑水;同步硝化反硝化;溶解氧;内回流比;污泥含量

中图分类号 X703.1

文献标识码 A

文章编号 :1000-3770(2017)11-0116-005

我国当前主要的供排水体制为资源消耗型集中式供排水模式,水的重复利用率低,水资源浪费严重。而基于污水源分离、污水分质处理及水资源循环利用的分质供排水模式,可持续发展、经济环保,近年来受到广泛关注^[1]。分质供排水系统将生活污水分为灰水、黑水分类收集,其中灰水主要是洗浴、盥洗等杂排水,污染物含量较低,可经处理后回用于冲厕、绿化灌溉和景观补水等,实现水资源的重复利用^[2-3],而黑水主要是冲厕废水、粪便、尿及污染物含量较高的厨房用水,属于高氨氮含量废水,其碳氮比较低,脱氮效果难以保证^[4-6]。

相对于传统的硝化反硝化脱氮处理工艺,同步硝化反硝化(SND)可在缺氧环境中实现硝化与反硝化共存,具有节省碳源、占地面积小、能耗低和脱氮效率高等优点,从而有望提高黑水系统的脱氮性能^[7]。

然而,国内外针对黑水脱氮的生产性应用研究较少,对于 SND 应用于黑水处理系统的操作运行参数也缺乏实践性数据,因此本研究以黑水为研究对象,基于生产性规模的活性污泥法+膜生物反应器(AS-MBR)系统,利用 MBR 对活性污泥的高效截留作用,以维持较高的微生物量^[8]。通过调节系统的溶解氧(DO)含量,逐步实现同步硝化反硝化,进一步考察内回流体积比(R)和污泥(MLSS)含量对

黑水系统脱氮性能以及 SND 效果的影响,以确定强化黑水系统脱氮性能的优化运行参数。

1 实验部分

1.1 实验水质

系统进水为黑水经初沉池、微细格栅等预处理后的出水,温度 18~22℃,pH 为 7.23~8.31,TCOD、SCOD 分别为 476~665、347~423 mg/L,TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 、TP、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、SS 的质量浓度分别为 93~128、76~108、0.9~3.2、7.8~15.4、6.6~14.6、195~387 mg/L。平均 $\text{SCOD}/\rho(\text{TN})$ 为 3~4,属于低碳氮比的污水。

1.2 工艺流程及运行条件

采用生产性规模的连续流黑水处理系统,处理水量为 450 m³/d。主体工艺为活性污泥法+AS-MBR,工艺流程如图 1 所示。

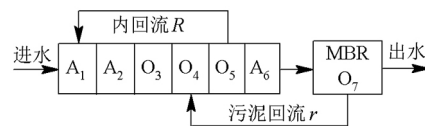


图 1 黑水处理系统工艺流程

Fig.1 Flow diagram of the black water treatment system

其中活性污泥工艺系统分为容积相同的 6 个独立反应器,单个反应器有效容积均为 95 m³。采用倒

收稿日期 2017-01-24

基金项目 国家国际科技合作项目(2016YFE0123500),青岛市博士后应用研究项目(2016196)

作者简介 杨本亮(1991-)男,硕士研究生,研究方向为污水处理,联系电话:18766228310;电子邮件:18766228310@163.com

联系作者 尹志轩,博士后,电子邮件:zhixuanyin@outlook.com

置 AAO+ 后置反硝化工艺形式, A₁、A₆ 分别为前置、后置反硝化区, A₂ 为厌氧区, 实验期间 O₃、O₄ 和 O₅ 均为好氧区, 系统的内回流由 5 号好氧池 O₅ 回流至 1 号缺氧反硝化池 A₁。好氧池采用微孔曝气, 系统启动运行期间 DO 的质量浓度控制为 3.5~4.0 mg/L, 非曝气反应器采用搅拌器以维持活性污泥混合液混合均匀, 缺氧区 DO 的质量浓度控制为 0.18~0.20 mg/L, 厌氧区 DO 的质量浓度为 0.11~0.13 mg/L。MBR 容积为 85 m³, 设有鼓风错流装置, DO 的质量浓度为 5.5~6.0 mg/L, 污泥由 MBR 末端回流至 4 号好氧区 O₄, 污泥回流比 r=2。

系统启动期间的主要运行参数: 进水体积流量 (17±2) m³/h, HRT 为 (38±3) h, 内回流体积比为 3, 反应温度 (20±2) °C, MLSS、MLVSS 的质量浓度分别为 (9.3±0.3)、(6.8±0.3) g/L。

当系统处理效果达到稳定状态后, 为实现同步硝化反硝化, 将好氧池 O₃、O₄ 和 O₅ 的 DO 的质量浓度分阶段设置 3 个梯度 (3.5~4.0、1.5~2.0、0.6~0.75 mg/L), 每个梯度运行 14 d, 考察不同 DO 含量下的脱氮效果及氮转移途径。当系统脱氮性能和 SND 效果稳定后, 分别调节系统内回流体积比 R 至 2 和 5, 研究硝化液回流对系统运行效果及 SND 过程的影响。在维持 DO 的质量浓度为 0.6~0.75 mg/L, R 为 3 的运行条件下, 进一步研究好氧区不同 MLSS 的质量浓度 ((9.0±0.3)、(7.5±0.3)、(6.0±0.3) g/L) 对系统的脱氮性能及 SND 的影响, 以寻求同步硝化反硝化强化脱氮效果的优化运行条件。

1.3 分析方法

常规指标如 TCOD、SCOD 和 TN、NH₄⁺-N、NO₃⁻-N、TP、PO₄³⁻-P、MLSS、SS 含量等的测定均参照文献进行^[9], pH、DO 含量采用 HACH HQ40d 便携式溶解氧仪测定。

同步硝化反硝化 TN 去除率 $\eta(\text{SND}_{\text{TN}})$ 的计算:

$$\eta(\text{SND}_{\text{TN}}) = 1 - \rho_2 / \rho_1$$

式中 ρ_1 和 ρ_2 分别为好氧区进出水 TN 的质量浓度。

2 结果与讨论

2.1 处理系统运行效果

通过逐步降低好氧池 DO 含量, 以期实现同步硝化反硝化, 系统运行效果如图 2~图 5 所示。

由图 2 可知, 当 DO 的质量浓度为 3.5~4.0 mg/L 时, 系统出水 TN 的质量浓度为 25.3 mg/L, TN 去除率为 76.1%。结合图 5 可知, 此时好氧区发生硝化反

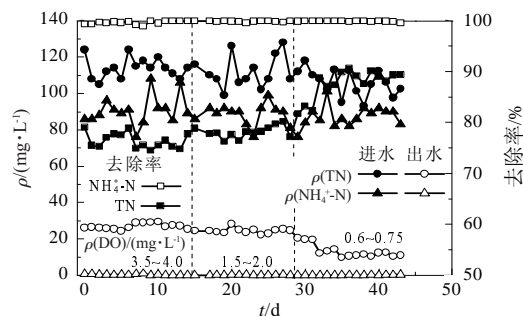


图 2 好氧区不同 DO 含量下系统 TN 和 NH₄⁺-N 处理效果

Fig.2 TN and NH₄⁺-N treatment efficiency with different DO content in aerobic zone

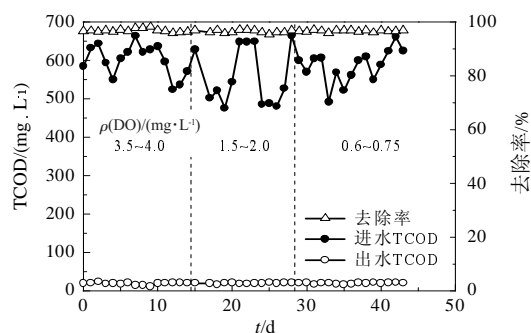


图 3 好氧区不同 DO 含量下系统 TCOD 处理效果

Fig.3 TCOD treatment efficiency with different DO content in aerobic zone

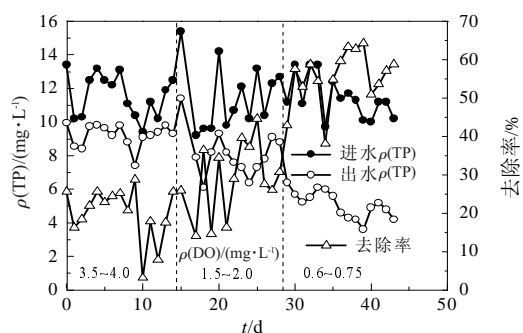


图 4 好氧区不同 DO 含量下系统 TP 处理效果

Fig.4 TP treatment efficiency with different DO content in aerobic zone

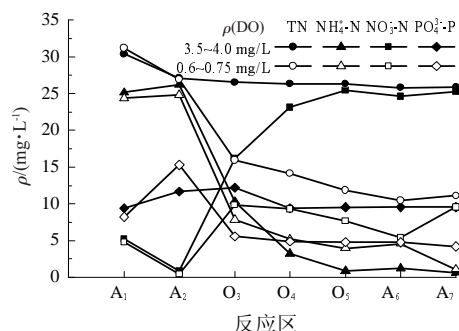


图 5 不同 DO 含量下时沿程氮磷含量的变化

Fig.5 Change of nitrogen and phosphorus with different DO content along the process

应, NH₄⁺-N 几乎全部转化为 NO₃⁻-N, TN 含量在好氧区基本保持不变, 无同步硝化反硝化现象。系统发生的是全程硝化反硝化脱氮过程, 其中反硝化主要发

生在前置反硝化区 A1。

随着好氧池 DO 含量的降低,系统的 TN 去除效率逐渐提高,当好氧池 DO 的质量浓度降低至 0.6~0.75 mg/L 时,出水 TN 的质量浓度降低至 10.4~13.4 mg/L, TN 去除率高达 90.6%,相对于高 DO 含量运行条件提高了约 19%。此时 TN 除在反硝化区(A₁、A₂和 A₆)被去除之外,还发现 TN 含量在好氧池 O₃、O₄和 O₅持续降低(图 5),证实发生同步硝化反硝化现象,且好氧区 TN 去除率 $\eta(\text{SND}_{\text{TN}})$ 高达 56.1%。其中好氧池 O₃ 是 SND 主反应区,对 TN 的去除占 SND 总去除量的 72.7%;而后续好氧池 O₄和 O₅对 TN 的去除量相对较少。这主要原因是 O₃ 反应区碳源比较充足,平均 SCOD/ $\rho(\text{TN})$ 为 4.1,满足反硝化对电子供体的需求,可以实现高效的 SND,混合液进入好氧池 O₄和 O₅后,一方面由于碳源相对不足(平均 SCOD/ $\rho(\text{TN})$ 为 2.9),另一方面由于 MBR 末端至好氧池 O₄的回流污泥引入了好氧异养菌,其与反硝化菌发生竞争关系,从而使反硝化速率减弱, SND 效率降低。

由图 2 还可知,DO 含量的降低并未影响系统的好氧硝化能力,出水 NH₄⁺-N 的质量浓度始终小于 0.8 mg/L,当 DO 的质量浓度降低至 0.6~0.75 mg/L 时,系统硝化率依然高达 99%,且未出现亚硝酸盐的积累。这主要原因是 MBR 系统可以维持较长的污泥龄,为世代周期较长的硝化细菌的生存提供了有利条件,即使在低 DO 含量下系统仍然可以保持较好的硝化功能。而此时好氧池在严格意义上为缺氧环境条件,活性污泥絮体内存在 DO 含量梯度,即 DO 含量水平相对较高的絮体表面主要进行硝化反应,而絮体内部呈缺氧状态,为反硝化提供有利条件,形成了同步硝化反硝化的微环境^[7];同时,较低的 DO 含量限制了异养菌对有机碳源的大量消耗,好氧区 SCOD/ $\rho(\text{TN})$ 由 3.1 增加到 4.1,为反硝化提供了充足的电子供体,提高了系统反硝化效率,硝化和反硝化反应同时高效地进行,强化了系统的脱氮性能。

由上述分析可以得出,DO 含量是实现同步硝化反硝化的关键性因素。张可方等以啤酒和淀粉的混合物模拟城市污水(SCOD/ $\rho(\text{TN})$ =6.7),也发现当 DO 的质量浓度为 0.5 mg/L 时, SND 效果最好, TN 去除率高达 93.74%^[10];周丹丹以乙酸钠人工配水(SCOD/ $\rho(\text{TN})$ >6)作为研究对象,在序批式活性污泥法(SBR)反应堆器中考察了 DO 含量对 SND 脱氮效果的影

响,发现 DO 的质量浓度为 0.5~0.6 mg/L 是较为合适的 DO 含量^[11];吕锡武采用葡萄糖人工模拟生活污水(SCOD/ $\rho(\text{TN})$ =10),发现将 DO 的质量浓度从 4.0 mg/L 降低至 0.5 mg/L 时, TN 去除率呈上升趋势,且 DO 的质量浓度为 0.5 mg/L 时 SND 效果最好, $\eta(\text{SND}_{\text{TN}})$ 为 66%^[12]。

上述文献报道均采用易被生物利用的碳源作为基质且较为充足,而本实验进水是 SCOD/ $\rho(\text{TN})$ 为 3~4 的黑水, SCOD/ $\rho(\text{TN})$ 和水质特性的不同可能会导致 $\eta(\text{SND}_{\text{TN}})$ 有所差异。此外, MLSS 含量、内回流体积比等工艺操作运行参数也可能影响系统的脱氮能力和 SND 效果(将在 2.2 节对此作进一步讨论)。

由图 3 可知,在 SND 实现过程中,逐步降低好氧区 DO 含量,并未影响系统对有机物去除效果,去除率可维持 96.5%以上,系统平均出水 TCOD 为 20 mg/L。这主要原因是具有高效的截留作用的 MBR 可以维持系统较高的活性污泥微生物量,并且可以截留大分子难降解有机物,使得异氧菌有充足的反应时间将其降解;同时 MBR 内的曝气错流装置为强化有机物的氧化反应提供了有利的环境条件。

此外,由图 4 可知,随着 DO 含量的降低,系统的除磷性能也逐渐提高, TP 平均去除率从高 DO 含量条件下 28%提高至 58.8%,出水 TP 的质量浓度降低至 4.2 mg/L 左右。这主要原因是低 DO 含量下, SND 去除了好氧区一部分 NO₃⁻-N,回流液所携带的 DO 和 NO₃⁻-N 的量减少,从而减少了前置反硝化区对可快速降解碳源的消耗,缓和了反硝化菌和聚磷菌对碳源的竞争矛盾,为聚磷菌的厌氧释磷创造了有利条件(如图 2 所示),从而在一定程度上提高了系统的除磷性能。

2.2 运行参数的影响

2.2.1 内回流比

不同内回流比下系统 TN 含量变化情况见图 6 和图 7。

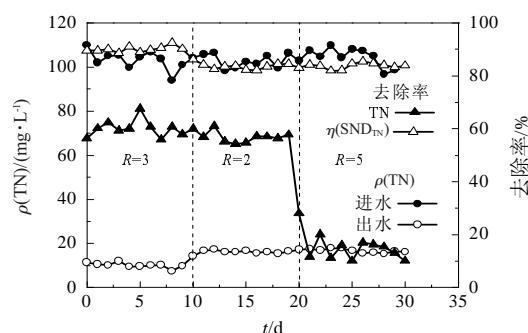


图 6 不同内回流比下系统 TN 含量变化情况

Fig.6 Change of TN content under different internal reflux ratios

表 1 好氧区不同 MLSS 含量时氮的去除效果
Tab.1 N removal performance with different MLSS content in the aerobic zone

$\rho(\text{MLSS})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TN})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$		$\rho(\text{NH}_4^+\text{-N})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$		$\rho(\text{NO}_3^-\text{-N})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$		去除率/%		
	进水	出水	进水	出水	进水	出水	TN	SND_{TN}	$\text{NO}_3^-\text{-N}$
9.0±0.3	100.6±8.2	11.3±2.2	85.5±8.5	<1.0	2.53±1.22	10.95±2.55	88.8±2.4	58.8±1.4	99.0
7.5±0.3	103.3±14.3	18.5±3.5	88.0±10.0	<1.0	2.17±1.43	18.24±2.78	82.5±1.7	28.6±5.4	99.0
6.0±0.3	99.5±7.7	24.5±2.1	78.0±6.5	<1.0	2.24±1.35	23.86±3.13	76.0±3.8	8.1±5.8	99.0

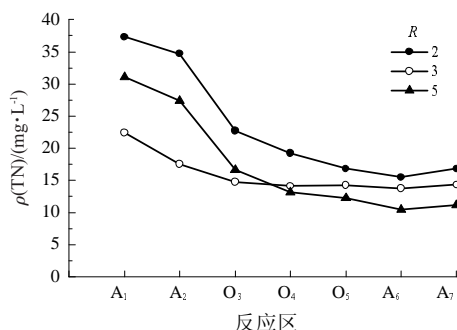


图 7 不同内回流比下系统 TN 含量沿程变化情况

Fig.7 Change of TN content under different internal reflux ratios along the process

从图 6 和图 7 可知, 当内回流体积比 $R=3$ 时, 出水 TN 的质量浓度为 10.8 mg/L, TN 平均去除率为 90.2%, 好氧区 $\eta(\text{SND}_{\text{TN}})$ 为 59.4%; 当内回流体积比降低至 2 时, 出水 TN 的质量浓度升高至 17.2 mg/L, TN 平均去除率降低至 83.7%, SND 效果变化不大。系统脱氮效率降低主要是因为内回流体积比由 3 降低至 2 时, 通过内回流向前置反硝化区提供的硝酸盐数量减少, 前置反硝化潜能未得以充分发挥, 从而降低了系统的脱氮水平。然而当将内回流体积比提高到 5 时, TN 平均去除率仍维持在 83% 左右, 但好氧区 $\eta(\text{SND}_{\text{TN}})$ 却显著下降至 15.4%。

虽然较高的内回流比可以向缺氧区引入更多的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$, 但内回流比过高会较大程度稀释进水碳源, 当内回流体积比为 3 时, 前置反硝化区和好氧区的 $\text{SCOD}/\rho(\text{TN})$ 分别为 4.2 和 4.1, 而内回流体积比为 5 时, 前置反硝化区和好氧区的 $\text{SCOD}/\rho(\text{TN})$ 已分别降至 3.4 和 2.9, 碳源不足导致反硝化效率降低, SND 难以实现, 同时, 较高的回流比缩短了好氧区实际水力停留时间, 影响生化反应进程, 从而系统同步硝化反硝化性能下降。

赵冰怡等在 MBR 系统也发现同步硝化反硝化效果受 C/N 的影响显著, 当 $\text{COD}/\rho(\text{TN})$ 从 3 提高至 5 时 $\eta(\text{SND}_{\text{TN}})$ 由 21% 提高至 60%^[13]; 肖静等在低 DO 含量的序批式反应器中, 发现当 $\text{COD}/\rho(\text{TN})$ 由 3.94 降低至 1.05 时, 同步硝化反硝化率由 94.72% 降低至 13.66%^[14]。因此, 内回流比的设置应充分考

虑实际运行时 C/N 的变化, 在本研究中 $R=3$ 时黑水处理系统的 SND 效果较好, 系统脱氮性能最佳。

2.2.2 好氧区 MLSS 含量

表 1 反映了在进水条件和溶解氧不变的情况下, 当活性污泥含量降低时系统脱氮性能的变化。

由表 1 可知, 随着 MLSS 含量的降低, TN 去除率也随之下降, 当 MLSS 的质量浓度从 (9.0 ± 0.3) g/L 降低至 (6.0 ± 0.3) g/L 时, TN 平均去除率从 88.8% 降低至 76.0%, $\eta(\text{SND}_{\text{TN}})$ 也从 58.8% 下降至 8.1%, 好氧区同步硝化反硝化的功能显著退化。随着污泥含量的变化, 活性污泥絮体内的缺氧微环境受到影响, 较高的污泥含量可以增大氧的传质阻力, 增加 DO 的分布不均匀性, 有利于絮体内部形成缺氧反硝化微环境。因此较高的污泥含量更有利于提高 $\eta(\text{SND}_{\text{TN}})$, 从而提高系统脱氮性能。

吕锡武等在研究活性污泥含量对同步硝化反硝化的影响时, 也发现了类似的现象, 当污泥的质量浓度为 4 g/L 时, TN 去除率为 47.5%, 此时好氧反硝化明显; 而当污泥的质量浓度为 2 g/L 时, TN 去除率仅有 35.4%, 且发现活性污泥含量与 TN 去除率有着良好的线性关系。但污泥含量的改变并未影响系统的硝化效果, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 去除率均高于 99%^[12]。

3 结论

在生产性规模的活性污泥法 + 膜生物反应器 (AS-MBR) 黑水处理系统中, DO 含量是实现同步硝化反硝化的关键性因素。随着好氧池 DO 含量的降低, 系统的 TN 去除效率逐渐提高。当好氧池 DO 的质量浓度降低至 0.6~0.75 mg/L 时, 好氧区同步硝化反硝化 TN 去除率 $\eta(\text{SND}_{\text{TN}})$ 高达 56.1%, 系统 TN 去除率升高至 90.6%, 相对于高 DO 含量运行条件提高了 14.5%。

污泥含量、内回流比等工艺操作运行参数对系统的脱氮能力和 SND 效果影响显著。内回流比过低, 向前置反硝化区回流的硝酸盐数量减少, 不能充分发挥前置反硝化潜能; 内回流比过高虽会携带更多的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$, 但会较大程度稀释进水碳源, 碳源不

足导致反硝化效率降低, SND 也难以实现。较高的污泥含量可以增大氧的传质阻力, 增加 DO 的分布不均匀性, 使絮体内部形成缺氧反硝化微环境, 有利于提高 $\eta(\text{SND}_{\text{TN}})$, 进而强化系统脱氮性能。实验证明回流体积比为 3、MLSS 的质量浓度为 $(9.0 \pm 0.3) \text{ g/L}$ 时, 同步硝化反硝化效果最好, 平均 $\eta(\text{SND}_{\text{TN}})$ 大于 58.8%; 系统脱氮性能最佳, 平均 TN 去除率大于 88.8%。

参考文献:

- [1] 陈洪斌, 陈晨, 郑林静, 等. 半集中式分质供排水处理系统的最适规模探讨[J]. 给水排水, 2011, 37(1): 131-136.
- [2] DALLAS S, SCHEFFE B, HO G. Reedbeds for greywater treatment case study in Santa Elena-Monteverde, Costa Rica, Central America [J]. Ecological Engineering, 2004(23): 55-61.
- [3] 唐贤春, 钱胤, 陈洪斌, 等. 分散式分质排污及资源化处理系统的研究与应用进展[J]. 中国沼气, 2006, 25(2): 20-25.
- [4] FAN Yaobo, LI Gang. Treatment and reuse of toilet wastewater by an airlift external circulation membrane bioreactor[J]. Process Biochemistry, 2006, 41: 1364-1370.
- [5] HAMMES F, KALOGO Y, VERSTRATE W. Anaerobic digestion technologies for closing the domestic water, carbon and nutrient cycles[J]. Wat Sci Tech, 2000, 41(3): 203-211.
- [6] 郑永菊, 陈洪斌, 何群彪. 黑水处理与资源化进展[J]. 中国沼气, 2008, 26(5): 9-13.
- [7] 王晓莲, 彭永臻. A²O 法污水生物脱氮除磷处理技术与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 66-72.
- [8] 邹联沛, 张立秋, 王宝贞, 等. MBR 中 DO 对同步硝化反硝化的影响[J]. 中国给水排水, 2001, 17(6): 10-14.
- [9] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [10] 张可方, 杜馨, 张朝升, 等. DO、C/N 对同步硝化反硝化影响试验研究[J]. 环境科学与技术, 2007, 30(6): 3-5.
- [11] 周丹丹, 马放, 董双石, 等. 溶解氧和有机碳源对同步硝化反硝化的影响[J]. 环境工程学报, 2007, 1(4): 25-28.
- [12] 吕锡武, 稻森悠平. 溶解氧及活性污泥浓度对同步硝化反硝化的影响[J]. 城市环境与城市生态, 2001, 14(1): 33-35.
- [13] 赵冰怡, 陈英文, 沈树宝. C/N 比和曝气量影响 MBR 同步硝化反硝化研究[J]. 环境工程学报, 2009, 3(3): 400-404.
- [14] 肖静, 许国仁. 低碳氮比污水对同步硝化反硝化脱氮的影响[J]. 水处理技术, 2012, 38(11): 77-80.

Study on the Enhancement of Nitrogen Removal in Black Water Treatment System by Simultaneous Nitrification and Denitrification

YANG Benliang, BI Xuejun, GE Wenjie, YIN Zhixuan

(School of Environmental Municipal Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao 266033, China)

Abstract: Black water treatment was studied in the plant-scale activated sludge-membrane bioreactor (AS-MBR) system. The results showed that when mass concentration of DO was 3.5~4.0 mg/L, the TN removal efficiency was only 76.1% and SND was hardly observed in the aerobic reactors. When the mass concentration of DO was gradually reduced to 0.6~0.75 mg/L, the TN removal efficiency increased up to 90.6%, and the TN removal efficiency via SND ($\eta(\text{SND}_{\text{TN}})$) in the aerobic zone was 56.1%. When the internal recirculation volume ratio decreased from 3 to 2, the TN removal efficiency decreased from 90.2% to 83.7%, and further decreased to 82.8% with increasing internal recirculation volume ratio to 5. When the sludge mass concentration in the aerobic zone decreased from $(9.0 \pm 0.3) \text{ mg/L}$ to $(6.0 \pm 0.3) \text{ g/L}$, $\eta(\text{SND}_{\text{TN}})$ decreased from 58.8% to 8.1% and TN removal efficiency decreased from 88.8% to 76.0%.

Keywords: black water; simultaneous nitrification and denitrification (SND); dissolved oxygen (DO); internal recirculation ratio; sludge concentration

(上接第 115 页)

Research on Operation Characteristic and Treatment Efficiency of PAC-DMBR Hybrid Process

SUN Qiyuan, HU Yisong, WANG Xiaochang

(School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Key Lab of Northwest Water Resource Urban Alternative, Environment and Ecology, International Science & Technology Cooperation Center for Urban Alternative, Xi'an 710055, China)

Abstract: Three dynamic membrane bioreactors (DMBR) with different powdered activated carbon (PAC) dosages, were developed and operated parallel to study the effect of PAC dosage on the wastewater treatment efficiency and the characteristics of mixed liquor of sludge in the long-term operational PAC-DMBR. The results showed that, the pollutant treatment efficiency of PAC-DMBR was improved by dosing PAC, and the removal rates of COD, ammonia, TP, UV₂₅₄ and chroma were increased. When the PAC dosage was 3 g/L, the operation effect was best, as the flux increased, the operation period was extended, the turbidity declined rapidly (below 1 NTU within 30 min) and better quality of effluent was achieved. Dosing PAC could improve the characteristics of mixed liquor of sludge, and could promote the formation process and structure modification of DM layer. It was demonstrated that after PAC addition the size of the sludge flocs increased, sludge settling ability was better, the content of extracellular polymeric compounds (EPS) lower and the specific oxygen utilization rate of the activated sludge slightly improved.

Keywords: powdered activated carbon; dynamic membrane bioreactors; operation characteristics; filtration performance; activated sludge